

**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»
24.03.2022 – 25.03.2022**

Одеса – 2022

Матеріали науково-технічної конференції «Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт», 24.03.2022 – 25.03.2022.– Одеса: НУ "ОМА", 2022. – 209 с.

Матеріали публікуються згідно з поданими авторами оригіналами.

© Національний університет "Одеська морська академія", 2022

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 (ННІІ) 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»;

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

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

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

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

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

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

Кардаш В. П. – к.т.н., доцент кафедри суднових допоміжних установок і холодильної техніки 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., доцент, завідувач кафедри суднових енергетичних установок НУ «ОМА»;

ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦІЇ:

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

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

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

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

ЗМІСТ

ЕКСПЛУАТАЦІЯ І РЕМОНТ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

МОРСЬКОГО ТА РІЧНОГО ФЛОТУ 9

<i>Голюков В.А., Голюков В.В., Крупов І.В.</i> Визначення пропускної здатності внутрішнього каналу порту «Южний».....	9
<i>Голюков В.А., Крупов І.В.</i> Аналіз аварійних пригод з земснарядами при виконанні днопоглиблювальних робіт.....	12
<i>Крупов І.В.</i> Контроль днопоглиблення судноплавних шляхів у реальному часі.....	17
<i>Крупов І.В.</i> Особливості маневрування під час робочих переміщень днопоглиблювальних снарядів.....	19
<i>Корбан В. Х.</i> Екологічний підхід до оцінювання забруднення природного середовища вихлопними газами суднового дизеля	22
<i>Корбан Д. В.</i> Селекція радіолокаційних сигналів навігаційних об'єктів, що знаходяться у зоні атмосферних утворень.....	25
<i>Козицький С. В.</i> Особливості поведінки наноматеріалів.....	29
<i>Григор'єва О.С., Кардашев Д.Л.</i> Підвищення експлуатаційних властивостей трибологічних вузлів суднового обладнання нанорозмірними багатофункціональними покриттями.....	33
<i>Кардашев Д. Л., Григор'єва О. С.</i> Підвищення експлуатаційних властивостей вузлів суднового обладнання вуглецевими конструкційними матеріалами	35
<i>Макаренко Л.М.</i> Використання наноматеріалів та впровадження нанотехнологій в суднобудуванні.....	39
<i>Опришко М.О.</i> Застосування зелених нанотехнологій у суднобудуванні та судноремонті.....	44
<i>Батинський А.І.</i> Алгоритмізація технологічно-організаційного процесу обробки вантажів на контейнерному терміналі порту.....	48
<i>Корх М.В.</i> Застосування вуглецевих нанотрубок в електротехніці суднового обладнання.....	50
<i>Удолатій В.Б.</i> Алгоритм роботи систем очищення димових газів від домішок при використанні скрубєрів.....	53
<i>Хнюнін С. Г.</i> Підвищення ефективності роботи азимутальної гвинтурульної колонки на низьких швидкостях	56

ДВИГУНИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ..... 61

<i>Мадей В.В.</i> Визначення раціональних режимів роботи суднових дизелів під час використання палив ненафтового походження	61
<i>Сагін А.С.</i> Забезпечення енергетичної ефективності суден відповідно новітнім вимогам Додатку VI МАРПОЛ	66
<i>Столярик Т.О.</i> Аналіз особливостей систем циліндрового мащення суднових дизелів.....	69

<i>Аболєшкін С.Є., Кардашев Д.Л., Веретеннік О.М.</i> Вплив нерівномірності навантаження по циліндрах на коливальний стан суднового валопровода	71
<i>Малахов О.В., Колегаєв М.О., Кіріс О.В., Маслов І.З., Побережний Р.В.</i> Гідромеханічні особливості взаємодії багатофазних потоків з обтічниками	74
<i>Мар'янов Д.М.</i> Зниження енергетичних втрат в системі транспортування бурильної суспензії суден класу PSV	78
<i>Polovinka E.M., Tabulinsky I.N.</i> Fuel injection characteristics of 50 rt-flex diesel engine	84
<i>Половинка Е.М., Орещенко Р.А., Орєшин О.А.</i> Вплив гідродинамічної обробки на характеристики водомасляної емульсії	86
<i>Половинка Е.М., Яковенко А.Ю.</i> Застосування комбінованих вимірювальних перетворювачів для контролю топливоподачі судових дизелів	88
<i>Афтанюк В.В., Гаврілкін О.Є., Кіріс А.В.</i> Розробка моделі водозабірних решіток кінгстонів судових систем охолодження	86
<i>Коровайченко Є.Ю.</i> Аналіз експлуатації скрубера системи інертних газів нафтового танкеру	93
<i>Очеретяный Ю.О.</i> Перспективи використання діоксиду вуглецю у якості холодильного агенту на водному транспорті	97
<i>Козьмініх Н.А., Василець Д.І.</i> Аналіз ефективності систем вторинного скраплення газу суден для перевезення скраплених нафтових газів	102
<i>Кардаш В.П., Дица В.В.</i> Особливості перевезення вуглеводнів судами	105
<i>Кардаш В.П., Мельник Є.В.</i> Особливості використання альтернативних холодоагентів	107
<i>Ольшамовський В.С., Боштан І.В.</i> Підвищення ефективності охолоджуючих холодильних систем	113
<i>Богач В.М., Костюченко Є.Ф., Єлінський І.Е.</i> Проблеми підвищення противозносної стійкості деталей ЦПГ	118
<i>Богач В.М., Довиденко Ю.М., Шебанов А.М.</i> Особливості лубрикаторних систем сучасних МОД	121
<i>Zhuravlov Yu.I., Yelinskyi I.E., Duranov O.P.</i> Study of friction modes in the "shaft-sliding bearing" joints of marine technical means (MTM) parts	123
<i>Мельник О.А., Єлінський І.Е.</i> Особливість деяких технологічних методів підвищення терміну служби судових деталей шляхом зміцнення їх робочих поверхонь	128
<i>Бушер В.В., Самонов С.Ф., Глазєва О.В., Дадукін М.Б.</i> Сучасні технології в підвищенні ефективності пропульсивних установок морських суден	130
<i>Глазєва О.В., Бондаренко О.В., Дудко С.О., Крамар І.Д.</i> Використання високоефективних технологій для підвищення енергоефективності морських суден	135

ІНЖЕНЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТА ПРОФЕСІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА МОРІ	141
Кулешов І.М., Парменова Д.Г., Мамкічев М.А. Аналіз аварійності світового морського торговельного флоту у 2020-2021 роках	141
Голікова В.В., Крайнова В.І., Ніколаєва Г.В.	144
Теоретичні аспекти аналізу умов трудового процесу при експлуатації об'єктів водного транспорту	144
Парменова Д.Г., Бондар С.А., Розлуцький О.М.	147
Професійна підготовка суднових механіків у сучасних умовах	147
Парменова Д.Г., Бражнік І.Д., Побережній Р.В.	152
Заходь декарбонізації морського транспорту	152
Обертюр К.Л. Утилізація виробничих та побутових відходів	157
Копійка П.І., Слободянюк М.В., Чабан О.Х. Гасіння морських хвиль на вертикальній сітці з заданою проникністю	161
СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ ТА ІНШОМОВНА ПІДГОТОВКА СУДНОВИХ ІНЖЕНЕРІВ	165
Kozak S.V. How to increase motivation for learning English.	165
Dombrovska S.A. Getting started with online teaching	168
Koblik V.V. The Importance of Maritime English Proficiency	170
Savchin A.Yu., Koblik V.V. Fresh water generator	172
Бугаєнко Т.І. Online teaching	174
Hrynychuk H.V. The Communicative approach in seafarer's education	179
Ionov M., Kravets G. B. Alternative Fuels	180
Molodtsova V.V. The role of coaching in english language teaching	183
Петрусенко О., Баєв М., Бугаєнко Т.І. What is Maritime English and Why It Is Important?	186
Пясковський С. В., Кравець Г. Б. Origin of the seafarers' idioms	191
Umnikov M.O., Koblik V.V. Main Directions of Ship Automation	192
Урсул В., Бугаєнко Т.І. Different Types of Marine Propulsion Systems Used in the Shipping World	194
Гончарук О.М. Second Language Learning Difficulties	196
Nikolayeva T. S. English language teaching methods. Role playing.	197
Prusakov O. G., Shalyov A. S. Induction motor	199
Shalyov A. S. Problem-solving in teaching english as a foreign language	201
Цинова М.В., Кравець Г.Б. До питання функціонування модальних дієслівних конструкцій в підмовах морської англійської (на прикладі морської підмови автоматики)	203

<i>Гавалюх О.С., Козловська Л.В.</i> Інноваційно-індивідуалізована методика в класичному навчальному процесі вищого військово-морського навчального закладу.....	205
--	-----

ЕКСПЛУАТАЦІЯ І РЕМОНТ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ МОРСЬКОГО ТА РІЧНОГО ФЛОТУ

УДК 629.563.42

Голиков В.А., Голиков В.В., Крупов І.В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Визначення пропускної здатності внутрішнього каналу порту «Южний»

Прийнято, що рух усіх суден буде здійснюватися лише по каналу. У зв'язку із цим визначення пропускної спроможності каналу й призначення режиму руху суден здійснено відповідно до процедури викладеної у РД 31.31.47-88 «Норми проектування морських каналів» [2].

Згідно норм, вихідні дані для розрахунків параметрів каналу повинні включати:

відомості про розміри розрахункового судна;

відомості про планований суднопотік;

характеристики природних умов району прокладки траси каналу;

За розрахункове судно приймається конкретне або умовне судно. Відомості про нього повинні включати: D – водотоннажність, т; T – осадку судна на рівному кілі без ходу у воді стандартної щільності ($\rho=1025 \text{ кг/м}^3$), м; B – ширину по міделю, м; L – довжину між перпендикулярами, м; $A=A_q/A_l$ – відношення площ парусності надводної і підводної частин корпусу.

В основу розмірів умовного судна береться величина осадки, інші елементи визначаються залежно від типу судна по формулах:

$$D=36 \cdot T^3; B=t \cdot T; L=c \cdot T, \quad (1)$$

де c, t – коефіцієнти, які визначаються по табл. 1.

$$A=1,2 (H/T), \quad (2)$$

де H – висота надводного борту, м.

Таблиця 1 – Визначення коефіцієнтів t та c

Кое- фіци- ент	Тип судна									
	Универ- сальне	Ліхте- ровоз	Танкер	Газовоз	Комбі- новане	Морсь- кий по- ром	Контей- неровоз	Лісовіз	Паса- жир- ське	Вугле- рудовоз
t	3,3	3,5	2,6	3,0	2,4	3,6	3,2	2,4	4,0	2,7
c	17,5	18,2	17,5	16,5	15,5	19,5	17,8	17,5	20,1	17,2

Відомості про планований суднопотік повинні включати:

кількість суднопроходів на рік і середньодобовий суднопотік протягом місяця з найбільшим суднообігом;

склад суднопотоку по типах суден, їх розмірах і кількості. Відліковий рівень глибини каналу призначається із забезпеченістю від

98% до 99,5% (відповідно до табл. 2 п. 12.5 СНіП 2.06.01-86), де вхідним аргументом є різниця рівнів 50 % забезпеченості $H_{50\%}$ і мінімального рівня H_{\min} , що спостерігався.

При реконструкції діючих каналів допускається, при достатньому обґрунтуванні, зберігати раніше прийнятий відліковий рівень глибини каналу. Приведення навігаційної глибини при призначеній забезпеченості рівня до нуля глибин морської навігаційної карти проводиться по формулі:

$$d_c = d_n + \Delta H, \quad (3)$$

де d_c – глибина, вказана на карті, м; ΔH – різниця абсолютних значень призначеного відлікового рівня і рівня прийнятого на морській навігаційній карті, м; d_n – навігаційна глибина каналу, м.

Відповідно змінюється і проектна глибина d каналу, При цьому додатково враховується наступне:

Глибини на морських навігаційних картах наведено для без приливних морів до середнього багатолітнього рівня, тобто мають 50% забезпеченість; для морів з припливно-відливними явищами – до найнижчого теоретичного рівня, що має на увазі лише астрономічні чинники.

При $(H_{50\%} - H_{\min}) > 1,40$ м, відліковий рівень глибини має бути таким, щоб забезпечувався пропуск планованого суднопотоку.

Навігаційна глибина d_n і проектна глибина d (рис. 1) каналу визначаються по формулах:

$$d_n = (T + \Delta T) + \sum Z_{0-3}, \quad (4)$$

$$d = d_n + Z_4, \quad (5)$$

де T – осадка розрахункового судна, м; ΔT – поправка на зміну осадки розрахункового судна при щільності ρ (солоності ‰) води в районі проєктованого каналу, що відрізняється від стандартної $\rho = 1025$ кг/м³; величина ΔT визначається по табл. 2; Z_{0-3} – сумарний навігаційний запас глибини, м; Z_4 – запас глибини на замулювання, м.

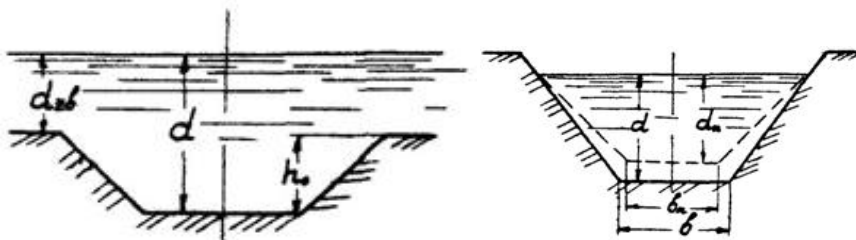


Рисунок 1. Поперечні профілі суднового ходу (природнього та штучного)

Таблиця 2 – Характеристика впливу щільності морської на поправку для осадки судна

Щільність ρ , кг/м ³	Солоність ‰	ΔT , м
1025	32	0,000 T
1020	26	0,004 T
1015	20	0,008 T
1010	13	0,012 T
1005	7	0,016 T
1000	0	0,020 T

Примітка. Вантажна шкала морських суден будується в припущенні, що судно плаває у воді стандартної щільності ($\rho = 1025 \text{ кг/м}^3$).

Сумарний безпечний навігаційний запас глибини визначається по формулі:

$$\Sigma Z_{0-3} = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_0, \quad (6)$$

де Z_1 – мінімальний навігаційний запас, необхідний для забезпечення керованості судна, м; Z_2 – хвиловий запас на занурення краю судна при хвилюванні, м; Z_3 – швидкісний запас на зміну осідання судна на ходу на тихій воді в порівнянні з осіданням без ходу, м; Z_0 – запас на крен судна, що виникає від дії розрахункового вітру і гідродинамічних сил на повороті, м.

Мінімальний навігаційний запас Z_1 , м, визначається по табл. 3 у залежності від осадки судна T і виду ґрунту.

Таблиця 3 – Визначення мінімального навігаційного запасу Z_1 , м

Ґрунт дна в інтервалі між d_n і $(d_n + 0,5)$, м	Z_1 , м
Мул	$0,04 T$
Наносний ґрунт (пісок замулений, ракуша, гравій)	$0,05 T$
Щільний ґрунт, що злежався (пісок, глина, супісок, суглинки, галька)	$0,06 T$
Скальний ґрунт, валуни, зцементовані породи (піщаники, вапняки, крейда і ін.)	$0,07 T$

Примітки: 1. При неоднорідних ґрунтах в інтервалі між d_n і $(d_n + 0,5)$, враховується найбільш щільний ґрунту; 2. При щільному ґрунті, що злежався, скальному ґрунті, ґрунті з включенням валунів і зцементованих порід днопоглиблювальні роботи повинні закінчуватися перевіркою глибини гідрографічним траленням.

Хвиловий запас Z_2 для одиночного судна і суден, що розходяться, визначається по графіках зображенням на рис. 2, залежно від довжини розрахункового судна L , м, числа Фруда і $h_{3\%}$ висоти хвилі 3% забезпеченості в системі хвиль найбільш небезпечного напрямку в районі судового ходу при дії розрахункового вітру. Швидкість вітру ω приймається з умов керованості судна і дорівнює $5V$.

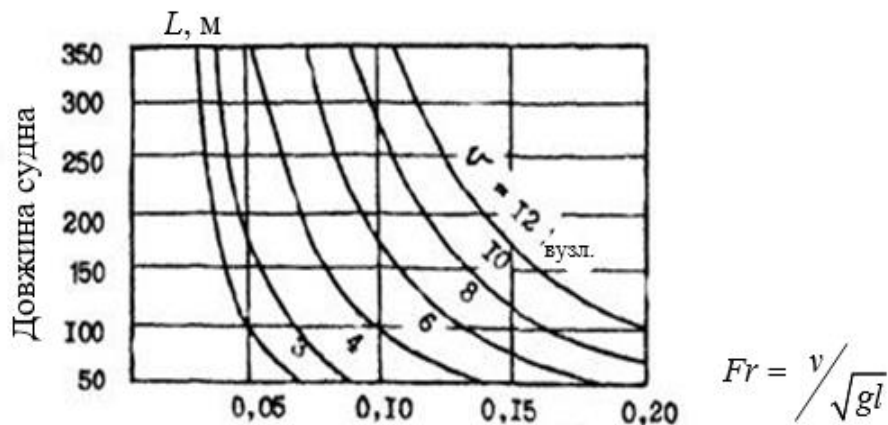


Рисунок 2. Номограма визначення числа Фруда для розрахункового судна по його довжині L , м і швидкості v , вуз.

Швидкісний запас Z_3 під час руху одиночного судна визначається за допомогою графіків з РД 31.31.47-88 «Норми проектування морських каналів».

Причому рис. 3 з РД 31.31.47-88 служить для визначення швидкісного запасу при русі судна на мілководді Z_3 . Значення числа Фруда Fr визначається на рис. 2. $\Sigma Z_{1-3} = Z_1 + Z_2 + Z'_3$. Z_3 визначається методом послідовних наближень. Величина третього до додатку Z'_3 , що входить в ΣZ_{1-3} , спочатку приймається рівною 0,35. З графіка вибирається Z_3 , потім, знайдене значення Z_3 підставляється в ΣZ_{1-3} замість 0,35 і обчислення повторюються. Як правило, дії обмежуються двома першими підстановками.

Висновки

Наведений графічно-табличний спосіб визначення пропускної здатності каналів порту доцільно застосовувати на стадіях прогнозування днопоглиблювальних робіт та розробки технологічних карт для встановлення навігаційних глибин для безпечного проходження по каналу порту великотонажних суден.

Для початку днопоглиблювальних робіт необхідні дані про гідротехнічні глибини, які базуються на результатах отриманих промірними партіями гідротехнічних глибин за участю представників загальної кількості ґрунта, що підлягає вивізанню.

На жаль, застосований спосіб не відображає можливість контролю якості днопоглиблення у реальному часі у вузкостях каналів з уповільненою течією.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

РД 31.31.47-88 «Норми проектування морських каналів», 52 с.

УДК 656.61.052

Голіков В.А., д.т.н., професор, Крупов І.В., аспірант
Національний університет «Одеська морська академія»

Аналіз аварійних пригод з земснарядами при виконанні днопоглиблювальних робіт

Днопоглиблювальні судна, що працюють на каналі або фарватері, а також в інших місцях на шляху працювання транзитних суден та військово-морських кораблів, за весь час проведення днопоглиблювальних робіт, коли вони обмежені у можливості маневрувати, встановлюють вогні та знаки, що приписані правилом 27(в) МПЗЗС-72, і якщо існує перешкода для проходу інших суден, то додатково на перших (караванах, землеснарядах, тощо) встановлюються вогні та знаки розташовані по вертикалі [1].

Днопоглиблювальне судно, яке здійснює днопоглиблювальні роботи при обмеженій видимості, меншій ніж 3-и милі, подає звукові сигнали відповідно правилу 35 МПЗЗС-72 для суден, що стоять на якорі, а для попередження суден, що наближаються, про своє місцезнаходження та можливість зіткнення

подає три послідовних звука свистком: один короткий, один тривалий і один короткий.

При підході до працюючого днопоглиблювального судна на відстані 5 кбт. судно з механічним рушієм повинно мати саму малу швидкість, при якій судно залишається керованим, і дати один тривалий (4-6 с.) звуковий сигнал – запит про можливість проходу.

З днопоглиблювального судна, почуваючи тривалий звуковий сигнал з судна, яке підходить, повинно підтвердити сторону вільного проходу або зайнятості його звуковими сигналами: один тривалий – «ЙДІТЬ ВПРАВО ПО ХОДУ»; два тривалих – «ЙДІТЬ ВЛІВО ПО ХОДУ»; три тривалих – «ПРОХІД ЗАЧИНЕНИЙ, ЗУПИНІТЬСЯ».

Судно, отримавши з днопоглиблювального судна відповідний звуковий сигнал, підтверджуючий оковимірні сигнали, в залежності від його значення або проходить повз днопоглиблювального судна на самій малій швидкості, держатись від нього на можливо великій відстані, або зупиняється й чекає звільнення проходу.

Відсутність звукової відповіді від днопоглиблювального судна означає для судна, яке проходить, закриття проходу з обох сторін. Треба зупинитись і чекати звільнення проходу.

Забороняється суднам, проходячи повз днопоглиблювальних суден, обганяти один одного, а також розходитись один з одним.

У випадку одночасного підходу до днопоглиблювального судна двох суден, що рухаються протилежними курсами, треба керуватись загальноприйнятим правилом: першим проходить судно, яке рухається вниз за течією, виходячого з порту або пересувається по фарватеру в сторону моря. Виключення з цього правила обмовлюються в місцевих правилах плавання.

Забороняється судну при проходженні повз днопоглиблювального судна: тягти за собою по ґрунту троси, ланцюги та інші предмети, а також тримати якоря приспущеними.

Забороняється днопоглиблювальному судну: тримати паралельно пришвартовані дві шаланди одночасно з боку вільного проходу; підход, швартовка і відхід від нього шаланд, буксирів, катерів і других суден в період проходу транспортних суден та військово-морських кораблів.

Непрацюючим вважається судно днопоглиблювальне судно, у якого авантові та папільонажні якорі прибрані.

Днопоглиблювальні судна, що працюють на ходу з приймачем, що володється або атакує, згідно з правилом 27(d) МПЗС-72, несуть вогні і знаки для суден, зайнятих прокладанням або підняттям підводного кабелю.

Таким чином, управління днопоглиблювальними суднами підкоряється МПЗС-72, носить строго логічний, процесуальний і процедурний характер, який на практиці регламентується чек-листами.

Окрім того, на управління днопоглиблювальними суднами та цілими караванами накладені жорсткі та гнучкі обмеження технологічної та екологічної спрямованості. Вони враховуються, починаючи з ситуаційного планування днопоглиблювальних робіт. На цей час основними заходами, які забезпечують

безпеку земснаряду (каравану суден) при роботі на небезпечній в навігаційному відношенні ділянці, є своєчасне залишення та відхід до порту захисту; запобігання можливості виникнення аварійної ситуації; при виникненні аварійної ситуації боротися усіма заходами та засобами для її ліквідації [2,3].

В цьому сенсі корисною стає монографія А.Б. Качинського [4], в якій з позиції системного аналізу розглянуто методи математичного аналізу безпеки структур складних систем, методи математичного моделювання загроз і ризику, а також сучасні загальні підходи щодо формалізації складних систем безпеки, де враховуються всі основні складові загальної теорії безпеки: безпека-небезпека, загрози та ризики.

Для забезпечення сталої визначеності членів екіпажу здійснюються відповідні підготовчі роботи та попереджувальні заходи при здійсненні днопоглиблювальних робіт.

Типовими схемами установки земснаряду, знімання та відходу земснаряду в укриття, працюючого на небезпечній у навігаційному відношенні ділянки прийняті [5]:

- ділянка розташована на акваторії, захищеної обмежувальними спорудами, що сходяться, на відстані від оголовків огорожних споруд;

- ділянка роботи знаходиться на вході акваторії, яка огорожена обмежувальними спорудами, що сходяться;

- ділянка робіт розташована на відкритій акваторії за межами обмежувальних споруд, а забровачні глибини дозволяють вихід земснаряду за брівку та відстій на якорях;

- ділянка роботи розташована на відкритій акваторії, глибини за бровкою дозволяють вихід земснаряду за брівку та відстій на якорях;

- ділянка робіт розташована на мілководді або в березі на відкритій акваторії, глибини за бровкою менш прохідних глибин земснаряду;

Наведені типові схеми не охоплюють всієї різноманітності варіантів умов роботи земснаряду. Капітан-багермейстер у кожному конкретному випадку приймає рішення щодо забезпечення безпеки роботи земснаряду відповідно до фактичної обстановки та з урахуванням хорошої морської практики.

Основними заходами по забезпеченню безпеки земкаравана при погіршенні погоди або отриманні штормового попередження є своєчасне попередження, постійна готовність та упередження в діях.

При виникненні аварійної ситуації, зокрема, посадці судна на мілину, отримання пошкоджень корпусу, судових будов та спеціального обладнання; об'являється загальносуднова тривога; оповідають я капітани суден земкаравану про початок дії схеми взаємодії; оповіщається портнагляд про наступ аварійної ситуації, самотійних діях, які приймаються по виходу судна з аварійної ситуації, а також про необхідність надання допомоги земснаряду з боку капітана порту; встановлюється постійний зв'язок з диспетчерською службою судовласника з подальшим інформуванням судовласника про стан земснаряду і суден каравану; дається розпорядження про введення в дію пошукових та аварійних груп. Екіпажі діють згідно конвенції по боротьбі за живучість судна, відповідно розкладу та тривогам [6].

Характерними признаками аварійної ситуації залишаються:
дрейф навітренних якорів;
обрив навітрянних робочих тросів;
неуправляємість земснаряду;
поява водотечності корпусу;
вимушене опускання черпакової рами на ґрунт при дії високої хвилі;
обрив ґрунтоприймача у спмовідвозного землесоса при здійсненні днопоглиблювальних робіт на мілководних ділянках.

До районів, об'єктів та ділянок днопоглиблювальних робіт з підвищеною навігаційною небезпекою відносяться [5]:

Україна:

Одеса - Канал Нафтогавані перше коліно;
Чорноморськ - Підхідний канал;
Очаків – Очаківське коліно;
Донузлав – Зовнішня ділянка каналу;
Ялта – Акваторія порту;
Керч – Керч-Єнікальський Канал: Павловське, Чушкинське, Чурубаське, Бурунське коліно;

Каміш-бурун – Канал першого коліна;

Крим – Підхідний канал;

Генічеськ – Підхідний канал 2 .. 3 км;

Бердянськ - Підхідний канал;

Маріуполь - Підхідний канал;

Азовсталь - Підхідний канал;

Бугаз - Підхідний канал;

Южний - Підхідний канал;

Євпаторія - Підхідний канал;

Грузія:

Поті - Підхідний канал;

Литва:

Клайпеда – Зовнішнє коліно каналу та внутрішнє коліно до причалу суден РО-РО;

Лієпая – канал порту;

Латвія:

Вентспілс - Підхідний канал;

Естонія:

Таллін – Канал Рохуклюла-Свибью;

Новоталлінськ – Канал, акваторія порту;

Азербайджан:

Баку - Підхідні канали та причали;

Апшерон – Канал;

Туркменістан:

Красноводськ – Красноводський канал морська частина;

Бекташ – Канал;

Казахстан:

Кіанли – Підхідний канал;
Аладжа - Підхідний канал.

За офіційними даними [5] з середини минулого сторіччя (1964 р.) по теперішній час наведено не більше 10-ти аварій та аварійних випадків пов'язаних з роботою днопоглиблювального флоту в зазначених країнах.

Загальні причини аварій:

недооцінка капітан-багермейстером загрози земснаряду при посиленні вітру та хвилювання SE-напрямку;

неприйняття капітан-багермейстером дієвих заходів щодо відведення земснаряду від небезпечного місця та запізніле звернення до портнагляду за допомогою;

відсутність кваліфікованого спостереження з боку портнагляду за роботою земснаряду в небезпечній зоні акваторії порту та неприйняття вчасних заходів щодо надання допомоги.

Непрямі причини аварії:

незадовільне прогнозування погоди та відсутність штормового попередження;

відсутність розробленої керівництвом Тимчасової інструкції щодо забезпечення навігаційної безпеки роботи земснаряду у складних навігаційних умовах.

Висновки

Взаємодія днопоглиблювальних суден і каравану суден з великотонжними транспортними суднами та військово-морськими кораблями на каналах та протоках визначається правилами 27(в), 35 та 27 (d) МПЗЗС-72 за допомогою вогнів, знаків розташованих вертикально та звукових сигналів різної тривалості.

В основі заходів та засобів протидії виникнення аварійних ситуацій покладений системний аналіз. Для забезпечення сталої визначеності потрібне історичне планування та попереджувальні заходи для безпеки днопоглиблювальних робіт.

Головну відповідальність за реалізацію типових схем безпечного розташування земснарядів несе капітан-багермейстер і, який окрім рекомендованої інформації повинен враховувати досвід хорошої морської практики. Основними заходами по забезпеченню безпеки земкаравана при погіршення погоди або отриманого штормового попередження стають постійна готовність екіпажу та упередженість в його діях.

Основною причиною аварій з днопоглиблювальним флотом є людський фактор та форс-мажорні умови роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Міжнародні правила запобігання зіткненню суден (МПЗЗС-72). Миколаїв: ДП «Дельта -лоцман», 2006 – 52 с.
2. РД 31.31.47-88. Норми проектування морських каналів.
3. РД 31.29.04-90. Судна днопоглиблювального флоту. Робочі пристрої. Правила технічної експлуатації.

4. Качинський А.Б. Засади системного аналізу безпеки складних систем [текст]/ А.Б. Качинський. – К.: ДП «НВЦ Євроатлантикінформ», 2006. – 336 с. ISBN 966-8809-22X.
5. РД 31.60.14-81 Наставлення по боротьбі за живучість суден морського флоту (НБЖС).
6. РД 31.74.07-95 Наставлення по забезпеченню навігаційної безпеки роботи днопоглиблювального флоту.

УДК 629.563.42

Крупов І.В., аспірант

Національний університет «Одеська морська академія»

Контроль днопоглиблення судноплавних шляхів у реальному часі

Однією з найбільш частих причин аварій, що виникають, залишаються посадки на мілину. Вони пов'язані з неспівпадінням глибин, нанесених на навігаційній карті з фактичними глибинами. Це здійснюється під впливом різноманітних факторів: динамізм зміни рельєфу дна; штормові характеристики погоди; згонно-нагонні явища; зміни параметрів геоїда Землі, тощо. Щоб уникнути вказаного неспівпадіння глибин слід своєчасно здійснювати днопоглиблювальні роботи на характерних ділянках дна. Ці ділянки виявляються шляхом проведення повторних гідрографічних, океанографічних та гідрометеорологічних дослідженням.

В процесі днопоглиблення, а також при здачі робіт досить часто виникають протиріччя між виконавцем та контролюючим органом. Такі протиріччя, як правило, пов'язані з тим, що кожна із зацікавлених сторін здійснює контрольні проміри в різні відрізки часу без врахування динамічних складових, як в процесі проведення примірів, так і в інтервалах між ними. У зв'язку з цим актуальним становиться рішення проблеми пов'язаної з контролем днопоглиблення у реальному режимі часу, що дозволяє зняти ряд протиріччя, які виникають.

На підґрунті вивчення досвіду праць американських дослідників [1] нами були запропоновані наступні рекомендації, які доцільно виконувати перед початком проведення днопоглиблювальних робіт:

- здійснити вибір земснаряду, який відповідає умовам проекту;
- визначити ступінь впливу витягнутого ґрунту на екологію;
- визначити місце звалки/утилізації витягнутого ґрунту;
- здійснити планування проекту поглиблення;
- визначити якісні характеристики насосів для розрахунку їх розповсюдження в процесі днопоглиблення;
- локалізація забруднених осідків;
- здійснення контролю у реальному часі екологічної безпеки.

Як показує досвід, при розгляді проекту днопоглиблення основними факторами являються місце проведення робіт, об'єм та якісні характеристики ґрунту. При плануванні днопоглиблювальних робіт на тривалому проміжку

часу в процесі розробки розрахунків часових інтервалів також необхідно враховувати динамічну складову рельєфу дна та водної поверхні, приймаючи до уваги екологічну безпеку.

Для визначення динамічних характеристик дна необхідно знати відносну щільність ґрунту. З цією метою були проведені лабораторні дослідження, за результатами яких визначені показники, що наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Характеристики відносної щільності підводного ґрунту.

Коефіцієнт проникності ґрунту	Відносна щільність ґрунту
0 – 4	Дуже низька
4 – 10	Низька
10 – 30	Середня
30 – 50	Щільна
Вище за 50	Дуже щільна

В якості прикладу динаміки підводного рельєфу на ділянках поглиблення при накопиченні піщано-мулових ґрунтів під впливом повітряно-хвильових й згінно-нагінних течій біля острова Nott, USA наведено у роботі [2].



Рис.1 Замулені ділянки морського дна через місяць після проведення днопоглиблювальних робіт

Висновки

Виходячи з необхідності враховувати динамічні показники характеру підводного рельєфу, метою подальших досліджень стає складання математичної моделі динаміки підводного ґрунту у сполученні з коливаннями рівня поверхні води.

У подальшому таке надає можливість скласти прогноз заносимості та визначити часові інтервали, через які слід проводити днопоглиблювальні роботи

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Smith, H. K. 1998 (Dec). "An Introduction to Habitat Development on Dredged Material," Technical Report DS-78-19, U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, CE, Vicksburg, MS.
2. Symcon Publishing Company. World Dredging and Marine Construction, 2011, p. 11-23 San Pedro, CA.

УДК 656.61.052

Крупов І.В.

Національний університет «Одеська морська академія»

Особливості маневрування під час робочих переміщень днопоглиблювальних снарядів

Робочі приміщення днопоглиблювальних снарядів (грунтозабірного органу) в процесі роботи уявляє його рух у визначені послідовності, яка забезпечує найбільш ефективне використання снаряду. Розробляють прорізи двома основними способами: траншейним і папільонажним [1]. Перший спосіб реалізують паралельно переміщенням судна вздовж прорізу, другий – поперечним переміщенням відносно прорізу. Керування переміщеннями земснаряду здійснюється трьома оперативними канатами закріпленими за робочі якоря в залежності від конструктивних особливостей судна. Проріз по довжині ділять на ділянки – серії, а ширині – на траншеї. Ширина траншеї дорівнює ширині корпусу снаряда, а довжина серій приймається такою, щоб розробляти проріз без прокладки бокових якорів.

При роботі землесосного снаряду його переміщення здійснюється вздовж прорізу за допомогою виборки заведеного вперед станового канату, виймаючи грунт та створюючи траншею. Виймаючи грунт та створюючи траншею, глибина води на гребені якої мусить рівнятися заданній глибині розробки прорізу. Проріз, як правило, починають углубляти у верхній з верхньої за течією серії і закінчують нижньою серією. Перевага способу приміщення снаряду серіями зверху вниз за течією у тому, що перекладають якоря і переводять грунтопровід, перемішуючи їх вниз за течією при мінімальних простоях снаряду, а частіше усього не припиняючи його роботи.

Приміщення снаряду серіями знизу вверх за течією здійснюється у випадку коли снаряд має осадку більшу ніж більшу ніж у ширину прорізу до його розробки.

Розробляти проріз серіями знизу вверх складніше тому операції по перекладці якорів пов'язані з їх заводкою проти течії. При цьому простоя снаряду під час переходу з однієї серії на другу зростають.

Черговість переміщення снаряда траншейним способом в межах однієї серії визначається умовами пропуску транспортних суден та укладки ґрунта, впливаючи на допустиму довжину серії. На ділянках річки де є течія переміщення снаряду здійснюється трьома робочими якорями: носовим становим та двома боковими (носовими або кормовими).

Траншейний спосіб переміщення снаряді важко застосовувати при значному віддаленні створних знаків від прорізу. Слід застосовувати засоби визначення координат снаряду із застосуванням сателітної системи DGPS або засобів AIS [2].

Папільонажний спосіб розробки прорізу відрізняється переміщенням земснаряду від однієї кромки прорізу до другої з визначеним кутом нахилу вісі траншей до вісі прорізу. Довжина розробляємих траншей визначається кутом нахилу вісі траншеї до вісі прорізу та його ширини.

Під час розробки прорізу траншейним способом з похилими траншеями становий якір закладають декілька вище верхньої кромки початкової траншеї, за протилежну кромку прорізу. Один боковий якір закладають на початку траншеї, паралельно її вісі, за кормою прорізу, другий боковий якір – на кінці траншеї, також за кормою прорізу. Розробку починають з нижнього кінця траншеї. Снаряд при цьому піднімається по боковому канату з протилежної кромки прорізу. Доходячи до кромки, снаряд спускають за течією вздовж неї на наступну траншею. Потім, вибираючи нижній боковий канат та керуючи місцезнаходженням снаряду становим канатом, переміщують його до протилежної кромки, до початку розробки наступної траншеї. Місцезнаходження снаряду визначають по створним знакам, встановленим на одному з берегів у безпосередній близькості від розробляемого прорізу. Близькість створних знаків дає суттєві переваги способу розробки, який розглядається, тому що забезпечує необхідну точність переміщення.

При роботі способом похилих траншей покращується умови застосування автостворів, відпадає необхідність розбивки прорізу на серії, з'являється можливість застосування стрілкових пристроїв для перекладки бокових якорів.

При папільонажному способі розробки прорізу днопоглиблювальний снаряд, переміщають від однієї кромки прорізу до другої, видаляє полосу ґрунта шириною 0,5 ... 2,0 м. Потім здійснюється переміщення (подача) снаряда вперед вздовж прорізу на 0,5 ... 2,0 м, а нову полосу розробляють в зворотньому напрямку. На ділянках, де відсутня течія, снаряд встановлюють на шести робочих якорях: носовому, становому, кормовому становому, двох носових бокових та двох кормових бокових. Становий канат використовується для підтримки снаряда на розробляемій папільонажній стрічці від однієї кромки прорізу до другої. При наявності течії користуються тільки становим носовим та двома передніми боковими канатами.

При роботі папільонажним способом снаряд (по діаметральній площині) може розташовуватись паралельно вісі прорізу або під кутом до неї. В першому випадку спосіб розробки називається паралельним папільонажним, а другий – багермейстерським. У останньому випадку ґрунтозаборний орган розташований попереду снаряда під визначеним кутом до вісі прорізу. На кромці прорізу після подачі вперед снаряд розвертають так, щоб відновити вказаний кут нахилу ґрунтозаборного органу.

Перевагою цього способу над попереднім наступна: зменшується можливість збрасування черпакового ланцюга з нижнього барабану; полегшується

переміщення снаряду, тому що течія води впливає на бокову поверхню корпусу; виникає можливість працювати без кормових бокових якорів [3].

Землесосні снаряди з фрейзерними розпушувачами та сваями, розробку прорізу ведуть папільонажним способом, який зветься свайно-тросовим папільонажним.

Переміщення одночерпакового штангового снаряду аналогічна переміщенню свайно-якірного землесосного снаряду. Прорізь розбивають на декілька траншей. В межах одної траншеї на кожній позиції заколотих свай ґрунтозаборний орган (ковш) переміщають поперек траншеї. Для переміщення снаряда в межах прорізу додають два бокових якоря та носовий становий.

Грейферні снаряди в межах розробляемого прорізу переміщаються за допомогою заведених чотирьох бокових якорів. Ділянку прорізу розробляють в більшості випадків траншеями, ширина яких залежить від вилету стріли грейферного крану.

При роботі на мілководді, коли глибини за кромками прорізу менше за осадку корпусу й відсутні місця для розвороту проріз розробляють човниковим способом.

Висновки

Переміщення земснаряда здійснюється двома основними способами траншейним та папільонажним. За допомогою тросів з якорями, один з яких основний становий, а останні до 10-ти якорів допоміжні.

Створний (окомірний) спосіб орієнтації земснаряду відносно вісі прорізу не достатньо точний і вимагає періодичного системного контролю у реальному часі.

Застосування того чи іншого типу земснаряда залежить від стану ґрунта, напрямку течії та забровачних глибин, а також способу його переміщення, що забезпечує гармонізацію процесу днопоглиблення по екологічним, енергетичним та технологічним показникам.

На жаль, часові показники цього процесу виявити не вдалося.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Горбунов Д.І. Днопоглиблення [ел.ресурс]: підручник/Д.І. Горбунов. – М.: Транспорт, 1984 – 232 с.
2. Керівні принципи і рекомендації для річкових інформаційних служб (PIC), Резолюція N57 Європейської економічної комісії комітету по внутрішньому транспорту ООН (TRAS/SC 3/165). – Нью-Йорк, Женева, 2005, – 58 с.
3. РД 31.29.04-90 Судна днопоглиблювального флота. Робочі пристрої. Правила технічної експлуатації.

Екологічний підхід до оцінювання забруднення природного середовища вихлопними газами суднового дизеля

У матеріалах доповіді розглянуто підхід до забезпечення теоретичного та практичного моніторингу забруднення природного середовища вихлопними газами суднових дизелів. Наведено основні математичні залежності, які можна використовувати при розрахунку концентрації вихлопних газів суднових дизелів. Показано вплив опадів на процес вимивання з атмосферного повітря інгредієнтів вихлопних газів залежно від інтенсивності та тривалості їх випадання.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Однією з найважливіших проблем при інтенсивному судноплаванні в даний час є запобігання забруднення морського та повітряного середовищ шкідливими речовинами, що викидаються з вихлопних труб суднових дизелів у процесі їх експлуатації. Міжнародна Конвенція щодо запобігання забруднення моря з суден МАРПОЛ-73/78, прийнята на Міжнародній конференції в 1973 році (Лондон), передбачає жорсткі обмеження на скидання в море нафтовмісних відходів, вимагає обладнання суден різноманітними природоохоронними пристроями, приладами автоматики та контролю, у тому числі і контролю концентрації шкідливих речовин, що викидаються з вихлопних труб суднових дизелів, що зумовлює необхідність як теоретичного, так і практичного моніторингу екологічного стану середовища за трасою руху судна.

Аналіз останніх досліджень і виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. У роботі [1] регулювання якості природного середовища спрямовано на обмеження антропогенних впливів (насамперед забруднень), які ведуть до негативних наслідків. У роботі [2] аналізується порушення екологічної рівноваги помилками у технологічній політиці. У роботі [3] аналізується відтворення природних ресурсів після згубного впливу на навколишнє середовище. **Метою** дослідження є аналіз принципів моніторингу забруднень природного середовища вихлопними газами суднового дизеля на шляху судна.

Скорочений виклад основного матеріалу з обґрунтуванням отриманих наукових результатів. У сучасних умовах розвитку морського транспорту доводиться враховувати як локальні джерела забруднення (морське судно), а також забруднення морського і повітряного середовищ трасами інтенсивного судноплавства, тобто з протяжними забруднюючими джерелами. Таким чином виникає необхідність добре розуміти та враховувати шляхи поширення, трансформації, а також накопичення забруднюючих речовин, що викидаються з вихлопних труб суднових дизелів, характер їх взаємодії з біотичною та абіотичною складовими у біосфері, співвідношення між концентраціями вихлопних газів дизеля, що забруднюють повітряне та морське середовища та можливими швидкостями їх надходження в організми людей та тварин. Концентрація q вихлопних газів, що викидаються з вихлопних труб суднових дизелів у приво-

дному повітрі на певній відстані від судна, може бути розрахована за відомою формулою [1, 2] на підставі рішення напівемпіричного рівняння турбулентної дифузії:

$$\frac{\partial q}{\partial t} - v \frac{\partial q}{\partial z} + w \frac{\partial q}{\partial x} = w_x \frac{\partial^2 q}{\partial x^2} + w_y \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} + w_z \frac{\partial^2 q}{\partial z^2}, \quad (1)$$

за наступних граничних умов $(w_z \frac{\partial q}{\partial z} + vq) = \beta q$, де q - концентрація газів, що викидаються з вихлопних труб суднових дизелів у навколишнє повітря;

w_x, w_y, w_z - коефіцієнти турбулентної дифузії (порядок величини $w_z = 10^4 \dots 10^5 \text{ см}^2/\text{с}$);

β - коефіцієнт, що характеризує взаємодію вихлопних газів дизеля з водною поверхнею на шляху судна;

v - швидкість осадження частинок вихлопних газів (при розрахунку приймається 1 см/с).

Коефіцієнти турбулентної дифузії визначаються співвідношенням:

$$w_{xy} = \frac{0,5d\sigma_{xy}^2(t)}{dt}, \quad (2)$$

де $\sigma_{xy}^2(t)$ - горизонтальна дисперсія, яка визначається із рівняння:

$$\sigma_{xy}^2(t) = \sigma_0^2 + \alpha^2 u^2 t^2, \quad (3)$$

де σ_0^2 - початкова дисперсія, приземної концентрації газів у забрудненому обсязі повітря навколо судна;

u - швидкість вітру, м/с;

α - коефіцієнт, що залежить від висоти забрудненого обсягу повітря відносно водної поверхні.

Вертикальний потік забруднюючих газів з вихлопних труб суднових дизелів визначається за умови:

$$w_z \frac{\partial q}{\partial z} = \beta q. \quad (4)$$

При підйомі вихлопних газів на висоту h , коли інгредієнти газів охолонуть і почнуть випадати на водну поверхню, щільність $P_c(x)$ сухих випадів (без опадів) для i -го газу визначається наступним виразом:

$$P_c(x) = Q_{0i} e^{-\lambda_i \frac{x}{u}} \beta \int_0^\infty q(x, y, o, t, h) dt, \quad (5)$$

де Q_{0i} - початкова кількість інгредієнтів вихлопних газів суднового дизеля, що випадають з атмосферного повітря при висоті їх підйому h (м) та при швидкості вітру u (м/с).

При наявності випадających опадів, які сприяють швидкому вимиванню з атмосферного повітря інгредієнтів вихлопних газів, щільність вологого випадання $P_e(x)$ залежить від тривалості опадів, їх інтенсивності, коефіцієнта захоплення осадками частинок різних газів та визначається за формулою:

$$\frac{P_e(x)}{P_c(x)} = \frac{h_0 u}{\sqrt{2\pi\beta\sigma_x}} \cdot e^{\frac{h^2 u}{4w_z}}, \quad (6)$$

де h_0 - висота шару, з якого походить вологе випадання інгредієнтів вихлопних газів суднових дизелів.

Після виконання розрахунків щільність випадання інгредієнтів вихлопних газів суднових дизелів в атмосферному повітрі на морську поверхню виникає необхідність проведення екологічного фонових моніторингу морського середовища. Дані досліджень можуть увійти до глобальної системи моніторингу навколишнього середовища (ДСМНС) та програми ООН з проблеми навколишнього середовища (ЮНЕП) з оцінки забруднення океану торговими та військовими судами.

Концентрація забруднюючих речовин, що пов'язані з викидами вихлопних газів суднових дизелів, залежить від їх розсіювання і переміщення, тобто від гідрометеорологічних та фізичних характеристик навколишнього середовища, а також є функцією джерел (суднових дизелів).

При оцінюванні ступеня впливу викидів вихлопних газів суднових дизелів необхідне знання закономірностей перетворення даного інгредієнта i -того класу на інший ($i+1$), а також знання закономірностей переходу з одного середовища в інше ($l \rightarrow l+1$). Визначення екологічного збитку та практичної оцінки загального впливу вихлопних газів судового дизеля на екосистему може бути розраховано за наступною залежністю [2]:

$$A_{n,e}(t) = \int \sum_R \sum_m \sum_e I_{i,e}(R,t) C_i \varepsilon_{em} N_m(R,t) dR,$$

(7)

де $I_{i,e}(R,t)$ – концентрація вихлопних газів дизеля;

$C_i \varepsilon_{em}$ – геометричний фактор впливу розподіленого у просторі та в часі концентрації вихлопних газів судового дизеля $I_{i,e}(R,t)$;

$N_m(R,t)$ – кількість організмів m – популяції n – екосистеми на шляху судна.

Підінтегральний вираз у формулі (7) обчислюється у величинах гранично допустимих та критичних значеннях концентрації вихлопних газів судового дизеля.

Висновки

Проведено аналіз щодо визначення ступеня шкоди, що завдається вихлопними газами суднових дизелів на природне середовище. Показано, що при експлуатації суднових дизелів необхідно звертати серйозну увагу на контроль концентрації вихлопних газів, що забруднюють довкілля на шляху судна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Заключна доповідь ВМО про стан клімату у 2021 году (опубл. у 2022 р., № 501).
2. Шварц С. С. Теоретические основы глобального экологического прогнозирования. В кн.: Всесторонний анализ окружающей природной среды. Труды II Советско-американского симпозиума. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – С. 181-191.

3. Положення про морські екологічні інспекції. Наказ Мінприроди України; Наказ, Положення від 11.08.2017 № 312, <https://zakon.rada.gov.ua/go/z1081-17>.

УДК 629.12.01

Корбан Д. В.

Національний університет «Одеська морська академія»

Селекція радіолокаційних сигналів навігаційних об'єктів, що знаходяться у зоні атмосферних утворень

У роботі обґрунтовано необхідність використовувати у судновому радіолокаційному поляризаційному комплексі шестиканального поляризаційного роздільника луна-сигналів навігаційного об'єкта та атмосферного утворення при випромінюванні та прийомі електромагнітних хвиль лінійних та кругових поляризацій. Наведено аналіз роботи шестиканального поляризаційного роздільника за допомогою матриці розсіювання, яка за відсутності невзаємних елементів є симетричною. Діагональними елементами матриці розсіювання є коефіцієнти відбиття по k - тому каналу, у разі погодження інших каналів. Отримано залежність вихідної напруги роздільника всіх шести каналів від поляризації аналізованої хвилі у вигляді матричного рівняння.

Постановка проблеми в загальному вигляді. На радіолокаційне спостереження навігаційних об'єктів судновою радіолокаційною системою (РЛС), атмосферні утворення, що виникають на шляху судна, за певних метеорологічних умов тропосфери є об'ємними розподіленими об'єктами, луна-сигнали яких, створюють на екранах індикаторів помилкові засвітки, що маскують луна-сигнал навігаційних об'єктів. До теперішнього часу повністю ще не вирішено завдання виділення луна-сигналу навігаційного об'єкта зі складної системи луна-сигналів, що складаються з луна-сигналів навігаційного об'єкта та луна-сигналів атмосферного утворення на виході приймача суднової РЛС. Розроблена до теперішнього часу динамічна модель селекції та розпізнавання об'єктів, враховує відомості про центри об'єктів, що відбиваються, і є вкрай громіздкою, тому що вона заснована на вирішенні зворотних завдань теорії розсіювання, тому її реалізація в судових РЛС, що експлуатуються, не доцільна. Для реалізації селекції радіолокаційних луна-сигналів навігаційних об'єктів, що знаходяться в зоні атмосферних утворень, слід створити судову РЛС з поляризаційними функціональними можливостями, що дозволяють здійснювати поляризаційну селекцію навігаційних об'єктів на шляху судна.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, в яких започатковано розв'язання за напрямом представлені в публікаціях [1 - 6]. Метою статті є обґрунтування можливості вдосконалення суднової РЛС на вирішення завдання поляризаційної селекції навігаційних об'єктів за наявності атмосферної перешкоди на шляху судна.

Виклад основного матеріалу дослідження. Виходитимемо з того, що система є результатом певного періоду в її розвитку. Суднова РЛС є системою у її вдосконаленні та розвитку. Такий підхід дозволяє окреслити межі у розвит-

ку, вичленувати найхарактерніші системні ознаки, враховувати взаємозв'язки структурних характеристик радіолокаційної системи та пошук оптимальної структури взаємозв'язку у поляризаційній селекції навігаційних об'єктів на шляху судна. На даному етапі розвитку системи виникає необхідність у розробці суднового радіолокаційного поляризаційного комплексу (СРПК) із шестиканальним поляризаційним роздільником луна-сигналів навігаційного об'єкту та атмосферного утворення. Оскільки основне завдання СРПК відповідає вдосконаленню функцій отримання радіолокаційних даних про навігаційних об'єктах на шляху судна (виявлення та отримання кількісної інформації про рух навігаційних об'єктів), то СРПК має також здійснювати їх селекцію та розпізнавання. Завдання розпізнавання та селекції навігаційних об'єктів призводить до розробки багатоканальних суднових радіолокаційних поляризаційних комплексів, які повинні забезпечити в сучасних умовах судноводіння безпеку транспортних перевезень, перешкодозахищеність, екологічні показники з мінімальним рівнем шкідливих впливів на навколишнє середовище та показники безпеки суднової команди. Під структурою СРПК мається на увазі характер зв'язків та відносин між його елементами як єдине ціле, а під перебудовою структури – залежно від обстановки та виду експлуатації, зміни складу та функціонального взаємозв'язку частин СРПК, які забезпечують виконання поставлених завдань з радіолокаційного спостереження, розпізнавання та селекції навігаційних об'єктів на шляхи судна. Особливістю управління рухом судна як автономного транспортного засобу в складних умовах атмосферного середовища є наявність комплексу досить різноманітних завдань, які забезпечують роботу екіпажу, безпеку перевезень, а також досягнення ефективності роботи з виконання конкретних завдань всього транспортного засобу.

В даний час простежується тенденція до підвищення ефективності СРПК при використанні методів поляризаційної селекції навігаційних об'єктів, що знаходяться в зоні атмосферних утворень, у яких основним хвильовим елементом, що забезпечує принцип і точність роботи СРПК, є шестиканальні поляризаційні роздільники, що пов'язують один з компонентів електричного поля антени зі струмами та напругами в одному з каналів СРПК, а іншу компоненту зі струмами та напругами в іншому каналі (рис.1).

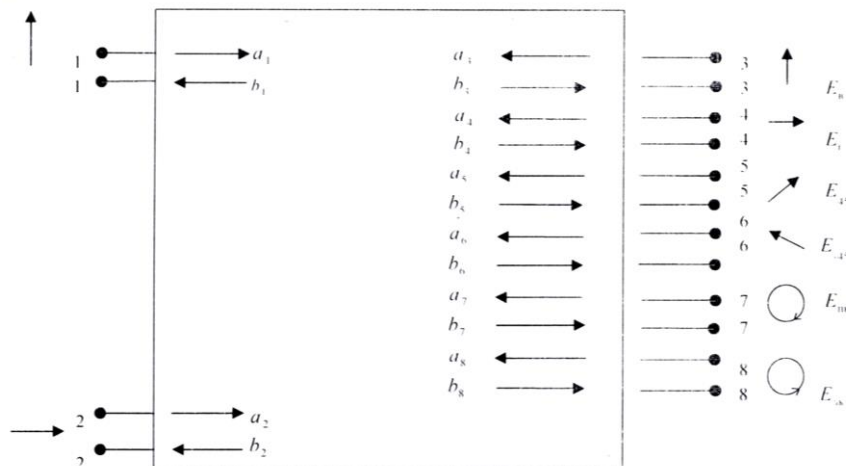


Рис.1. Еквівалентна схема шестиканального поляризаційного роздільника

Матриця розсіювання шестиканального поляризаційного роздільника, що характеризує його роботу, записується у вигляді:

$$[S]_{mn} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} & S_{15} & S_{16} & S_{17} & S_{18} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & S_{24} & S_{25} & S_{26} & S_{27} & S_{28} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & S_{34} & S_{35} & S_{36} & S_{37} & S_{38} \\ S_{41} & S_{42} & S_{43} & S_{44} & S_{45} & S_{46} & S_{47} & S_{48} \\ S_{51} & S_{52} & S_{53} & S_{54} & S_{55} & S_{56} & S_{57} & S_{58} \\ S_{61} & S_{62} & S_{63} & S_{64} & S_{65} & S_{66} & S_{67} & S_{68} \\ S_{71} & S_{72} & S_{73} & S_{74} & S_{75} & S_{76} & S_{77} & S_{78} \\ S_{81} & S_{82} & S_{83} & S_{84} & S_{85} & S_{86} & S_{87} & S_{88} \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Матриця стовпців амплітуд вхідного луна-сигналу $[A]_{вх}$ та матриця стовпців амплітуд вихідного луна-сигналу $[B]_{вих}$ мають вигляд:

$$[A]_{вх} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \\ a_7 \\ a_8 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$[B]_{вих} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \\ b_6 \\ b_7 \\ b_8 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

Зв'язок амплітуди матриць стовпців вхідного луна-сигналу (2) з матрицею стовпців амплітуд вихідного луна-сигналу (3) з матрицею розсіювання (1) записується у вигляді:

$$[B]_{вих} = [S]_{mn} + [A]_{вих}. \quad (4)$$

А за відсутності зв'язку між вхідними та вихідними хвилями в кожному з плеч поляризаційного роздільника матриця розсіювання буде мати вигляд:

$$[S]_{mn} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} & S_{15} & S_{16} & S_{17} & S_{18} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & S_{24} & S_{25} & S_{26} & S_{27} & S_{28} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & S_{34} & S_{35} & S_{36} & S_{37} & S_{38} \\ S_{41} & S_{42} & S_{43} & S_{44} & S_{45} & S_{46} & S_{47} & S_{48} \\ S_{51} & S_{52} & S_{53} & S_{54} & S_{55} & S_{56} & S_{57} & S_{58} \\ S_{61} & S_{62} & S_{63} & S_{64} & S_{65} & S_{66} & S_{67} & S_{68} \\ S_{71} & S_{72} & S_{73} & S_{74} & S_{75} & S_{76} & S_{77} & S_{78} \\ S_{81} & S_{82} & S_{83} & S_{84} & S_{85} & S_{86} & S_{87} & S_{88} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & S_{24} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & S_{34} \\ S_{41} & S_{42} & S_{43} & S_{44} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & S_{12} & S_{13} & S_{14} \\ S_{21} & 0 & S_{23} & S_{24} \\ S_{31} & S_{32} & 0 & S_{34} \\ S_{41} & S_{42} & S_{43} & 0 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Висновки

1. Для ефективного вирішення завдання поляризаційної селекції навігаційних об'єктів, що знаходяться в зоні атмосферного утворення (зливові опади різної інтенсивності) проведено аналіз роботи шестиканального поляризаційного роздільника, який є одним з основних хвилеводних елементів суднового радіолокаційного поляризаційного комплексу, який забезпечує точність вимірювання луна-сигналів навігаційного об'єкта на виході двоканального лінійного приймача.
2. Представлено взаємодію луна-сигналів на вході та виході шестиканального поляризаційного роздільника за допомогою матричного рівняння, що складається з трьох матриць.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пиза Д. М. Особенности адаптации пространственных фильтров при воздействии комбинированных помех / Д. М. Пиза, А. П. Залевский // Радиоэлектроника, информатика, управление. – 2005. – № 1. – С. 45–48.
2. Путятин В. Г. Матрица распространения радиолокационного информационного канала при радиолокационном наблюдении навигационных объектов на пути судна / Путятин В. Г., Корбан Д. В., Князь А. И. // Математические машины и системы, 2018. - № 2. – С.141-147.
3. Старых А. В. Варианты функциональных схем радиолокационных станций с управляемой поляризацией / Старых А. В., Жилинская Г. Н. // Научный вестник МГТУ ГА, 2012. - № 186. – С.145-148.
4. Корбан В. Х. Поляризаційна селекція хмар і опадів / В. Х. Корбан. – Одеса: «Евен», 2004. – 248 с.
5. Акиншин Р. Н. Модель матричной взаимокорреляционной функции зондирующего и отраженного векторных сигналов для концептуального проектирования радиолокатора с синтезированной апертурой на воздушном носителе / Акиншин Р. Н., Есиков О. В., Затучный Д. А., Петешов А.В. // Научный вестник МГТУ ГА, 2019; 22(2):86-95. <https://doi.org/10.26467/2079-0619-2019-22-2-86-95>.
6. Положення про морські екологічні інспекції, затвердженого наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 04 листопада 2011 року за № 429, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 25 листопада 2011 року за № 1348/20086.

Козицький С. В.

Національний університет "Одеська морська академія"

Особливості поведінки наноматеріалів

У 21 столітті розвиток матеріалознавства, спрямований на отримання матеріалів з особливими властивостями, коли досліджуються характеристики макрооб'єктів при вивченні їх властивостей на молекулярному рівні. Ця область науки і техніки отримала назву нанотехнологія [1].

Наноматеріали у порівнянні з традиційними матеріалами, які є монокристалами чи утворені полікристалами, характеризуються підвищеними твердістю в 2...7 разів, межею міцності в 1,5...8 разів, межею плинності в 2...3 рази [1, 2]. Тому наноматеріали та вироби з них знаходять широке застосування у різних областях науки та техніки, у тому числі і у індустрії водного транспорту [1 -3].

Мета роботи: пояснити особливості поведінки наночастинок.

1. Роль поверхні

У звичайних тілах макроскопічних розмірів, з якими ми всі звикли мати справу в повсякденному житті, кількість молекул на поверхні тіла невелика, у порівнянні з їх кількістю у об'ємі. Тому для макроскопічних тіл (розміром більшим 1мкм та більшими) усі фізичні властивості тіла визначаються властивостями об'ємного зразка.

Оцінки вказують [4], що при розмірі сферичної частинки 50, 20 та 10 нм, частка поверхневих атомів складає 6%, 15% та 30%, відповідно. Збільшення долі поверхневих атомів (молекул) приводить до активної взаємодії частинок, що знаходяться на поверхні наночастинок, із зовнішнім середовищем.

Зменшення розміру частинки приводить до збільшення сумарної поверхневої енергії, а тому до нерівноважного стану наночастинок. Прості розрахунки показують [5], поверхнева енергія зростає у стільки разів, у скільки зменшується розмір частинки. Тобто при заміні частинок мікронних на нанорозмірні у тисячу разів збільшується поверхнева енергія. Тобто наночастинок мають надлишкову поверхневу енергію, тобто знаходяться у нерівноважному стані, що необхідно враховувати при поясненні їх властивостей.

2. Нерівноважний стан наночастинок

Особливості наноструктури визначає та обставина, що практично всі наноматеріали за своєю природою нерівноважні, що зумовлено методами їх синтезу [4,5], які можна умовно розділити на дві великі груп. До першої групи відносять традиційні технології, які діють за схемою «зверху-вниз», подрібнюючи матеріал від масивної заготовки. До другої групи відносяться фізичні та хімічні методи, коли навпаки з окремих атомів утворюють наноматеріали чи нововироби.

У першій групі отримання наночастинок досягається в процесі дрібнення у млинах різних конструкцій, детонацією вибухових речовин, електровибуху провідника при проходженні по провіднику потужного імпульсу струму або кавітаційно-гідродинамічний метод.

До другої групи отримання наночастинок фізичними та хімічними методами застосовується так звані технології «знизу вгору», які передбачає отримання об'єктів з окремих атомів. Зовнішнім впливом переводять речовину у газовий стан та зовнішнім впливом зупиняється процес росту наночастинок шляхом їх виведення з зони утворення.

Відхилення від рівноваги зумовлено наступними причинами:

- наявністю надлишкової вільної поверхневої енергії,
- велика кількість поверхонь розділу, що обумовлює надлишкову вільну поверхневу енергію;
- наявність в структурі нерівноважних фаз, пересичених твердих розчинів, пограничних сегрегацій, пор і міжзеренних несучільностей;
- надлишкова концентрація дефектів кристалічної будови;
- наявність надлишкових напруг, пов'язаних з умовами отримання.

Отже, яким би чином не були утворені наночастинок, вони знаходяться у нерівноважному стані, тому вони будуть намагатися позбутися надлишкової енергії при взаємодії з оточенням. Така взаємодія може привести до утворення відкритої термодинамічної системи, де виникають процеси самоорганізації [5,6]. При самоорганізації відбувається перехід від хаотичного руху і хаотичного стану через збільшення масштабу флуктуацій, наростання флуктуацій та поширенню на всю систему, що приводить до нового порядку у відкритій системі.

3. Квантово-механічна поведінка наночастинок

У розмірному масштабі наночастинок перебувають на границі квантового [7] та класичного стану і цей метастабільний і структурно-неоднорідний стан визначає унікальний комплекс їх фізико-хімічних і механічних властивостей. Їх сутність полягає у наступному:

1. Принцип невизначеності Гейзенберга. Межа точності одночасного визначення пари величин, що описуються некомутуючими операторами обмежена. Вимірюючи, наприклад, координату та імпульс частинки, отримуємо

$$\Delta x \cdot \Delta p > \hbar$$

де Δx - невизначеність (похибка вимірювання) просторової координати мікрочастинки, Δp - невизначеність імпульсу частки.

2. Тунельний ефект. Ймовірність квантової частинки проникнути в область $[x_1, x_2]$, де значення потенціальної енергії $u_{(x)} > E$, визначається

$$w = \exp \left[-\frac{2}{\hbar} \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{2m(u_{(x)} - E)} \cdot dx \right]$$

Зауважимо, що з наведеної формули слідує: коли $E < u$ отримуємо $w > 0$ (квантова частинка має шанс пройти через бар'єр, коли її енергія менша максимальної потенціальної, для класичної частинки у цьому випадку $w = 0$) та коли $E > u$ то $w < 1$ (для класичної частинки у цьому випадку $w = 1$).

Отже процеси тунелювання електронів з наночастинок до пар тертя цілком ймовірні. При тунелюванні електронів з поверхні наночастинок до пар тертя

виникає додаткова кулонівська взаємодія між наночастинкою та матеріалом пар тертя, що прискорює процес впровадження атомів наночастинки до матеріалу пар тертя.

3. Корпускулярно-хвильовий дуалізм.

З рухом частинки пов'язав поширення плоскої хвилі де-Бройля, довжина якої λ визначається через величини, що характеризують частинку

$$\lambda = \frac{h}{P} = \frac{h}{\sqrt{2mkT}}.$$

де P - імпульс частинки, m - її маса, T - температура, h — стала Планка, k — стала Больцмана.

Оцінка довжини хвилі де Бройля для атома при кімнатних температурах згідно рівнянню (3) дає значення $\lambda = 0,2-0,1$ нм, тобто атоми, що знаходиться на поверхні наночастинок, поводять себе як класичні частинки, і їх рух описується рівняннями класичної механіки.

Для електронів у металах довжина хвилі де Бройля складає 1,0 нм, тобто вплив розміру нанометалів на їх електронні властивості може проявлятися тільки для малих частинок чи в дуже тонких плівках.

Для наносчастинок сплавів, напівметалів (Bi) та напівпровідників, які відрізняються малим значенням як ефективної маси електронів $m \sim 0,01 m_0$, так і енергії носіїв $E \sim 0,1$ еВ, значення довжина хвилі де Бройля складає біля 10 нм, тобто виявлення квантових ефектів для цього типу наноматеріалів значне. Для електронів поверхневих атомів така оцінка дає $\lambda = 5-10$ нм, тобто для пояснення поведінки електронів у наночастинках необхідно використовувати квантову механіку.

4. Ймовірнісний характер.

Ймовірності знаходження мікрочастинки в об'ємі dV , що оточує точку \vec{r} в певний момент часу t визначається квадратом модуля її хвильової функції $|\Psi(r,t)|^2$, яку знаходять зі стаціонарного рівняння Шредінгера для нерелятивістської квантової механіки, яке має такий вигляд:

$$-\frac{\hbar^2}{2m\Delta} \Delta\Psi + U(x, y, z, t) = E \Psi,$$

де, m – маса частинки;

Δ – оператор Лапласа,

$\Psi(x, y, z, t)$ – хвильова функція частинки,

$U(x, y, z, t)$ – потенційна енергія частинки в силовому полі

E – енергія частинки.

5. Дискретні стани.

Квантова частинка може перебувати у стійких станах, яким відповідають дискретні значення енергії, знайдені після розв'язання рівняння Шредінгера. Дискретні значення приймають і інші фізичних величин, що характеризують квантову частинку.

Перехід в інші стани відбувається стрибком. Якщо ж зовнішнє збурення не є достатньо інтенсивним, то система не буде змінювати свій стан, а змінити стан може лише за умови, що збурення має інтенсивність, достатню для переведення у інший стан.

Висновки.

1. При поясненні особливостей поведінки наночастинок необхідно враховувати:
2. Концентрацію поверхневих атомів, поведінка яких суттєво відрізняється від поведінки об'ємних;
3. Нерівноважний стан наночастинок, що зумовлює можливість самоорганізації при взаємодії з оточенням;
4. Прояв їх квантових властивостей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Наноматеріали і нанотехнології: навчальний посібник /Азаренков М. О., Неключдов І. М. та інші – ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2014. – 316 с.
2. Kartik Virmani , Chirag Deepak , Sarthak Sharma , Utkarsh Chadha Nanomaterials for automotive outer panel components: a review , Eur. Phys. J. Plus (2021) 136:921 <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-021-01931-w>
3. Kuiliang GONG, Wenjing LOU, Gaiqing ZHAO, Xinhui WU, Xiaobo WANG. MoS₂ nanoparticles grown on carbon nanomaterials for lubricating oil additives / Friction 9(4): 747–757 (2021) <https://doi.org/10.1007/s40544-020-0369-0>
4. Kozytskyi S.V., Kiriian S.V. Effectiveness of nanomaterial utilization in ship's mechanisms / Суднові енергетичні установки 2019 – № 39 101-106
5. Козицький С. В., Кіріян С. В. Особливості поведінки наночастинок привзаємодії з парами тертя / Матеріали науково-технічної конференції «Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт». – Одеса, 2020. с.49-52
6. Козицький С. В., Кіріян С. В. Особливості дії наночастинок. / Матеріали науково-технічної конференції «Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт». – Одеса, 2021. с.49-52
7. Глауберман А. Ю. Квантова механіка. -2 -е видання, –Одеса: Астпропринт, 2017. –526 с.

Григор'єва О.С., Кардашев Д.Л.

Національний університет «Одеська морська академія»

**Підвищення експлуатаційних властивостей трибологічних вузлів
суднового обладнання нанорозмірними багатофункціональними
покриттями**

Сучасні умови експлуатації суден морського і річкового транспорту нерозривно пов'язані з проблемою його безпечної експлуатації та підвищення енергоефективності.

Нова стратегія експлуатації суден тісно пов'язана з такими проблемами як відновлення «старіючого» парку суден, захист їх від корозії, а також розробка і впровадження сучасних захисних покриттів для відновлення і підвищення експлуатаційних властивостей деталей суден.

Одним з шляхів підвищення довговічності та захисту поверхонь від зносу і корозії є нанесення багатофункціональних покриттів на їх робочі поверхні. Серед захисних покриттів, які призначені для відновлення різноманітних поверхонь, широкого застосування набули нанопорошки. Дослідження наноматеріалів дозволяють реалізувати високий рівень фізико-хімічних та механічних матеріалів в наностані. Велике значення займають наноматеріали на основі плівок, які мають нанорозмірні розміри, хоча б в одному з напрямів. Сучасні тонкоплівочні нанорозмірні структури відіграють значну роль в утворенні адсорбентів, каталізаторів, наповнювачів композиційних матеріалів, мембранних систем, тощо[1].

Технологія нанесення захисних покриттів (ЗП) досягається шляхом осадження на відновлювані поверхні матеріалів, які за своїми властивостями відрізняються від основного металу деталі і відповідають умовам експлуатації (зносу, корозія, тощо). До недоліків напилених покриттів відносять низьку міцність зчеплення і високу пористість, тому покращення їх властивостей досягають комбінованими методами.

Широко набули тенденції розвитку комбінованих методів нанесення багатофункціональних покриттів для відновлення та підвищення експлуатаційних властивостей деталей [2]. До них відносять:

- поєднання хіміко – термічної обробки з поверхневим пластичним деформуванням;
- газотермічне напилення з холодною прокаткою, з гарячим ізостатичним пресуванням, з накладенням вібрацій, з ультразвуковою обробкою ;
- електромагнітне наплавленням з термомеханічною обробкою та з поверхневим пластичним деформуванням;
- поверхнево пластичне деформуванням з дифузійним насиченням, з лазерною обробкою , з пічним та електричним нагріванням; з мікродуговим оксидування, з електроімпульсною обробкою; тощо [2, 3].

Суттєве підвищення мікротвердості і зносостійкості забезпечує електроннопроменева обробка напилених покриттів [3]. Такі структури мають середній розмір зерна в покритті від сотень мікрометрів до сотень нанометрів, а мікрот-

вердість збільшується в 5 разів. Після електронно-променевої обробки межа витривалості таких покриттів підвищується на 60–80 %, а міцність зчеплення – у 2,5...3,5 рази [3].

Сучасним ефективним способом захисту поверхонь є нанесення ультразвукового покриття. При ультразвуковій обробці розмір зерна в покритті залежить від інтенсивності обробки, змінюючись від 45 до 24 нм. А, зносостійкість покриттів, наприклад, зі сталі Св-08 при сухому терті підвищується в 10 раз. [3].

Проведені дослідження авторами [2, 3], показали, що ЗП дозволяють збільшити термін експлуатації валів суднових двигунів при виготовленні нових деталей і відновленні зношених, а також і при цьому зменшити витрати легированих сталей і сплавів [4]. Застосування ЗП дозволить збільшення термін експлуатації валів шляхом підвищення їх зносостійкості, зміцнення поверхневого шару та, відновлення зношених деталей при заміні дорогих матеріалів більш дешевими матеріалами [2-4].

В пошуках підвищення зносостійкості, розробляються технології, які дозволяють отримувати композиційні матеріали з високими триботехнічними характеристиками. Так автори [5] дослідили композиційні матеріали типу сталь – білий чавун. За допомогою електроконтактного методу, який використовує контактне нагрівання не між електродами машини точкового зварювання, а між електродом у вигляді графітового диску та сталевую поверхнею з нанесеним на неї волокнистих вуглецевих матеріалів, отримано покращену зносостійкість композиційних матеріалів. Така методика характеризується значною надійністю та дозволяє формувати зносостійкі смуги науглецьованого шару. Такі шари, що мають гарне зчеплення з основним металом [5].

До перспективних багатошарових ЗП, які мають значну міцність та вискі фізико-хімічні і триботехнічні властивості, відносять матеріали на основі алюмонітрида титану AlTiN. Досліджені [6] фрикційні характеристики багатошарових алмазоподібних покриттів, для поверхневих шарів яких використовували тонкі алмазоподібні покриття з високим вмістом sp^3 фази. Проведені трибологічні дослідження в ЗП на основі алюмонітрида титану та алмазоподібного вуглецю з високим вмістом sp^3 фази, показали ефект зниження коефіцієнту тертя при збільшенні навантаження. Також спостерігалась досить хороша екрануюча і антифрикційна дія, відсутність дефектів покриття, що говорить про його високу несучу здатність та зносостійкість [6].

Сучасні технології обробки поверхонь дозволяють обрати оптимальні параметри поверхневого шару (ПШ), які суттєво впливають на експлуатаційні характеристики деталей: зносостійкість, міцність та корозійну стійкість. Забезпечення заданих властивостей ПШ характеризується відповідним характеристиками поверхні, які безпосередньо впливають на їх властивості. Особливо це важно для деталей суднових агрегатів. Це пов'язано зі специфікою обслуговування та ремонту суднових установок, які впливають на їх надійну роботу та довговічність. Отже, пошук нових методів захисту окремих поверхонь суднових механізмів, є актуальним.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Азаренков Н. А. Основы нанотехнологий и наноматериалов : учеб. пособие / Н. А. Азаренков, А. А. Веревкин, П. Г. Ковтун ; Харьков. нац. ун-т имени В. Н. Каразина. – Харьков, 2009. – 69 с
2. Агеев М.С. Тенденції розвитку комбінованих методів нанесення багатофункціональних покриттів для відновлення та підвищення експлуатаційних властивостей деталей суднових технічних засобів / Агеев М.С., Сімагін А.Ф., Манжелей В.С., Ковальчук Д.В.. // Матеріали 8-ї міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування – Херсон: ХДМА, 2017. – С.183 – 188.
3. М.С. Агеев Застосування комбінованих технологій відновлення для підвищення ресурсу деталей засобів транспорту / Агеев М.С., Грицук І. В., Солових Е.К. // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ), – 2020, Вип. 194. – С. 81 – 92.
4. Застосування технологій нанесення захисних покриттів для підвищення зносостійкості та ресурсу при відновленні валів СДВЗ / Агеев М.С., Манжелей В.С., Дзигар А.К. // Матеріали 11-ї міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування – Херсон: ХДМА, – 2020, – С.239-242
- 5 В.І. Савуляк Електроконтактне науглецювання сталевих деталей з використанням вуглецевих нанома матеріалів / Савуляк, В.І. , Осадчук А.А. // Матеріали VI-ої міжнародної конференції “Проблеми довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій – ВНТУ, Вінниця, 2018. – С. 99-101.
6. В.А. Левченко Инженерия поверхности: разработка и синтез нанокomпозиционных покрытий, повышающих ресурс трибологических узлов машин и механизмов / Левченко В.А., Матвеев В.Н. Буяновский И.А., Большаков А.Н., Митрофанов Е.А., Симакин С.Б. // Инженерия поверхности и реновация изделий: Материалы 16-й Международной научно-технической конференции, 30 мая – 03 июня 2016 г., г. Одесса – Киев: АТМ Украины, 2016.– С. 92 -93.

УДК 621.91

Кардашев Д. Л., Григор'єва О. С.

Національний університет «Одеська морська академія»

Підвищення експлуатаційних властивостей вузлів суднового обладнання вуглецевими конструкційними матеріалами

Розвиток світової економіки зумовлює необхідність динамічного розвитку морської галузі. Для досягнення необхідних показників розвитку можуть бути використані вуглецеві конструкційні матеріали. Поєднання властивостей армуючих наповнювачів і полімерних еднальних дозволяє набувати заданих фізико-механические властивостей.

Матеріали на основі вуглецю займають особливе місце в різних галузях народного господарства завдяки поєднанню жароміцності, механічній міцності

при високих температурах, хімічній стійкості в агресивних середовищах, фрикційним, антифрикційним, електричним властивостям[1].

Конструкційними називають матеріали, що призначені для виготовлення деталей машин, приладів, інженерних конструкцій, піддаються механічним навантаженням. Деталі машин і приладів характеризуються великою різноманітністю форм, розмірів, умов експлуатації. Вони працюють при статичних, циклічних і ударних навантаженнях, при низьких і високих температурах, у контакті з різними середовищами. Ці чинники визначають вимоги до конструкційних матеріалів, основні з яких експлуатаційні, технологічні і економічні.

Експлуатаційні вимоги мають первинне значення. Для того, щоб забезпечити працездатність конкретних машин і приладів, матеріал повинен мати високу конструкційну міцність.

Конструкційною міцністю називається комплекс механічних властивостей, що забезпечують надійну і тривалу роботу матеріалу в умовах експлуатації.

Необхідні значення механічних властивостей матеріалу для конкретного виробу залежать не лише від силових чинників, але і від дії на нього робочого середовища і температури.

Введення в полімерні матеріали вуглецевих волокон дозволило створити принципово новий клас конструкційних матеріалів - вуглепластиків. Вони є конструкційними матеріалами на основі полімерної матриці, армованої безперервними або дискретними вуглецевими волокнами. Залежно від вигляду армуючого вуглецевого матеріалу вуглепластики підрозділяються на вуглеволокніти, вуглетекстоліти і вуглепресволокніти.

Вуглеволокніти виготовляються із застосуванням безперервних вуглецевих ниток і джгутів. Вони мають малий і стабільний коефіцієнт тертя і володіють хорошою зносостійкістю. Температурний коефіцієнт лінійного розширення углеволокнитов в інтервалі 20-1200 С близький до нуля. До недоліків вуглеволокнитов відносять низьку міцність при стискуванні і міжшаровому зрушенні.

Вуглетекстоліти виготовляють з використанням тканин або тканих стрічок різного переплетення.

Вуглепресволокніти виробляють на основі дискретних волокон.

Властивості углепластиків залежать від характеристик армуючих матеріалів, вигляду і текстури волокна, міри наповнення, властивостей полімерної матриці і так далі.

Відмітні особливості вуглепластиків, якими вони володіють завдяки вуглецевим волокнам, - висока міцність при надзвичайно високому модулі пружності і низької щільності і повзучості. Крім того, у них дуже висока теплостійкість і стійкість до термічного старіння. Вони тривало (500-1000 ч) витримують механічну напругу при одночасній дії температур до 2000 С. Ці матеріали володіють в 2-3 рази вищою втомною міцністю, ніж склопластики.

Конструкційні вуглепластики містять як наповнювача високомодульні ($E = 342 - 540$ ГПа) і високоміцні ($\sigma = 2,5$ ГПа) вуглецеві волокна. Для конструкційних углепластиків характерні низька щільність і коефіцієнт лінійного

розширення і високі модуль пружності, міцність, термостійкість, тепло- і електропровідність.

Серед недоліків вуглепластиків - менша, в порівнянні з іншими армованими пластиками, питома ударна в'язкість, недостатня тріщиностійкість і вища чутливість до концентрації напруги. Чергування в структурі матеріалу армуючих наповнювачів різної хімічної природи дозволяє усунути ці недоліки. З цією метою виробляють комбіновані тканини на основі сумішей скляних і вуглецевих волокон [2].

Хімічна стійкість вуглепластиків дозволяє застосовувати їх у виробництві кислотостійких насосів, ущільнень. Вуглецеві волокна мають низький коефіцієнт тертя. Це дає можливість використовувати їх як наповнювача для різних єднальних, з яких роблять підшипники, прокладки, втулки, шестерні [3].

Вуглепластики відрізняє високий опір втомним навантаженням. По величині межі витривалості на одиницю маси вуглепластики значно перевершують склопластики і метали. Одна з причин цього - менша (чим, наприклад в склопластиків) деформація при однаковому рівні напруги, що знижує розтріскування полімерної матриці. Крім того, висока теплопровідність вуглецевих волокон сприяє розсіюванню енергії коливань, що знижує саморазогрев матеріалу за рахунок сил внутрішнього тертя.

Коштовна властивість углепластиков - їх висока демпфуюча здатність і віброміцність. За цими показниками вуглепластики перевершують метали і деякі інші конструкційні матеріали. Регулювати демпфуючу здатність можна, змінюючи кут між напрямками армування і додатка навантаження.

У таблиці 1 представлені для порівняння характеристики деяких металевих, полімерних матеріалів конструкційного призначення і углепластиков.

Вуглецеві волокна володіють високою хімічною стійкістю до всіх агресивних середовищ за винятком сильних окислювачів. Висока хімічна стійкість вуглецевих волокон визначила розробку хемостойких углепластиков замість неіржавіючих сталей, сплавів і кольорових металів для виготовлення різної апаратури і вузлів машин, що працюють в умовах дії агресивних середовищ: корозійностійких насосів, ємкостей і трубопроводів.

Разом з високими механічними властивостями і хемостойкістю вуглепластики володіють хорошими антифрикційними характеристиками, порівняно низьким коефіцієнтом тертя і підвищеною зносостійкістю. Коефіцієнт тертя углепластиков вагається від 0,1 до 0,17 залежно від умов випробування, а по зносостійкості вони в 5-10 разів перевершують антифрикційні марки бронзи, використовувані для виготовлення підшипників ковзання [3].

В роботі [5] узагальнено досвід створення і застосування швидкісних підшипників ковзання відцентрових насосів для суднових енергетичних установок, теплових електростанцій, атомних електростанцій. Підшипники ковзання енергетичних установок працюють на перегрітій воді до 200°C при швидкостях ковзання 20-40 м/с. На відміну від металів цим підшипникам не потрібно додаткове масляне мастило.

Таблиця 1 – Властивості деяких конструкційних матеріалів [1]

Матеріал	Густина, кг/м ³	Міцність при розтягуванні, МПа	Модуль Юнга, ГПа	Питоміцність, Н/мм ²	Питомодуль, Н/мм ²
Вуглепластик	145	780–1800	120–	53–	9–20
Склопластик	212	1920	69	91	3,2
Високоміцна	780	1400	210	18	2,7
Алюмінієвий	270	500	75	18	2,7
Титановий сплав	440	1000	110	28	2,5
Поліамід 6,6	114	82,6	28	7,24	0,24
Поліамід 6,6+40 мас. % скловолокна	146	217	112	8,87	0,77
Поліамід 6,6+40 мас. % вуглецевого волокна	134	280	238	21,0	1,92

Т

ак
им
чи
но
м,
ву-
гле
це
ві
ко
МП

озитні матеріали доцільно використовувати в різних галузях техніки в тих випадках, коли традиційні матеріали непрацездатні, тобто в умовах високих теплових навантажень і у вузлах тертя [3], наприклад роторів турбін, труб високого тиску, для підшипників ковзання, ущільнень і т.д



Рисунок 1 – Приклад виконання виробів з вуглицевих композитних матеріалів

Огляд зроблено у рамках виконання кафедральної науково-дослідної роботи «Застосування нанокристалів та наноматеріалів для підвищення ефективності і збільшення ресурсу судна та його обладнання»

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Буря О.І. Композиційні матеріали: конспект лекцій//Дніпровський державний технічний університет - Кам'янське, 2018.-201 с.
2. В.А. Левченко Инженерия поверхности: разработка и синтез нанокompозиционных покрытий, повышающих ресурс трибологических узлов машин и механизмов / Левченко В.А., Матвеев В.Н. Буяновский И.А., Большаков А.Н., Митрофанов Е.А., Симакин С.Б. // Инженерия поверхности и реновация изделий: Материалы 16-й Международной научно-технической конференции, 30 мая – 03 июня 2016 г., г. Одесса – Киев: АТМ Украины, 2016.– С. 92 -93.

3. Blau P. J. Friction Science and Technology. From Concepts to Application (Mechanical Engineering)/ CRC PRESS, NY 2-nd add. 2008. – 432p.

4. Morphology and mechanical properties of carbon fiber reinforced composites based on semicrystalline polyimides modified by carbon nanofibers / V. E. Yudin, V.M. Svetlichnyi, A. N. Shumakov e. a. // Composites: Part A. – 2008. – V. 39, N 1. – P. 85–90.

5. Bakhareva V.E., Bogun V.S., Lishevitch I.V., Nikitina I.V., Sargsyan A.S. Heat-resistant antifriction carbon plastics for pumps sliding bearings of ship energy stations, thermal and nuclear power plants. Voprosy Materialovedeniya. 2018;(3(95)):177-190. (In Russ.) <https://doi.org/10.22349/1994-6716-2018-95-3-177-190>

УДК 621.873.12

Макаренко Л.М.

Національний університет «Одеська морська академія»

Використання наноматеріалів та впровадження нанотехнологій в суднобудуванні

Нанотехнології та наноматеріали досить швидкими темпами інтегрувалися в повсякденне життя, вкоренилися у свідомості представників світових урядів, змусивши їх усвідомити, що навколишнє природне середовище потребує захисту, щільно засіли в умах вчених всього світу як надзвичайно потужний важіль впливу для вирішення всіх існуючих проблем і завдань людства.

Лише за останнє десятиріччя галузь нанотехнологій швидко розвинулась. Вчені досягли колосального прориву та мають великий успіх у вивченні можливостей нанотехнологій та створенні матеріалів, щоб мати можливість користуватися їх розширеними властивостями, такими як менша вага, більша міцність, підвищена електропровідність, скоріша хімічна реакційна здатність порівняно з їх великими еквівалентами.

Й хоча сталь наразі є найбільш розповсюдженим суднобудівним матеріалом, в розробці вчених знаходяться нові суднобудівні сталі.

З початку 2000 розпочалися масштабні науково-дослідні випробування суден з корпусами, створеними з таких новітніх матеріалів. Після тривалого часу розробок настав новий етап розвитку суднобудування, с заміною звичайних матеріалів на композитні, більш екологічні.

Наразі в суднобудівній промисловості для створення таких матеріалів використовується три елементи – волокнисті матеріали, наповнювачі і смоли[1].

Волокнисті матеріали є структурним компонентом, яке використовує скло або вуглецеве волокно. Наповнювачі, такі як закритоклітинний полівінілхлорид або сополімер стірола і акрилонітрила(styrene-acrylonitrile copolymer - SAN), що використовуються для виготовлення легких, але міцних та безпечних конструкційних панелей. Конструкції з наповнювачем мають гарні характеристики поглинання ударного впливу. Смоли, такі як поліефір, складний вініловий ефір

і полімери на основі епоксидних смол зв'язують волокнистий матеріал і наповнювач для створення міцних, що несуть навантаження конструкцій.

Вуглецеве волокно, також вуглеволокно, графітове волокно — штучне волокно, що складається з вуглецю; форма графіту, в якій атоми вуглецю вишикувані в тонкі довгі графітові волокна [2].

Вуглецеве волокно є тип гідратцелюлозного або вискозного, або штучного волокна — пан-акрилонітрилове волокно, яке є вуглецем майже в чистому вигляді. Цей матеріал виготовлюється методом піролізу, тобто розкладання молекул сполуки під впливом високої температури без окислення та горіння.

Кожне полотно по будові кристалічної ґратки близьке до графіту, проте створює лише плоскі просторові структури. Безліч графітових полотен, переплітаючись, утворюють волокно. Вуглеволокном невірно називають також будь-який композитний матеріал, до складу якого входять вуглецеві нитки; найбільш відомим і важливим з них є пластик, посилений вуглеволокном (англ.*CFRP*, Carbon Fiber Reinforced Plastic).

Вуглеволокно отримують складною термічною обробкою (400—3000 °C) поліакрилонітрилу.

Слід відмітити, що вуглецеве волокно — матеріал, який складається з тонких ниток діаметром від 3 до 15 мікрон, створений переважно атомами вуглецю і являє собою довге пасмо матеріалу, виготовленого з атомів вуглецю. Тисячі таких пасом об'єднуються для створення особливої пряжі, яка потім об'єднується зі смолою для виготовлення вуглецевих аркушів.

Атоми вуглецю у такому волокні об'єднані в мікроскопічні кристали, вирівняні паралельно один до одного, що надає йому більшої міцності на розтягу.

Полімерний матеріал - карбон представляє собою тонковолоконні нитки діаметром від 5 до 15 мкм, утворені атомами вуглецю і об'єднаними в мікрокристали [3]. Саме вирівнювання при орієнтації кристалів надає ниткам хорошу міцність і розтягування, незначну питому вагу і коефіцієнт температурного розширення, хімічну інертність.

Вуглецеві волокна характеризуються високою силою натягу, низькою питомою вагою, низьким коефіцієнтом температурного розширення та хімічною інертністю.

Вуглецеве волокно є дуже жорстким відносно його маси і використовується, як правило, для армування ділянок конструкцій, де необхідна підвищена міцність і жорсткість. Крім того, вуглеволокно відрізняється високою пружністю і механічною міццю, стійкістю до дії високих температур, хімічних реагентів та ультрафіолетового випромінювання.

Матеріали з вуглеволокна широко використовуються у авіа та ракетобудуванні.

До карбонів наразі відносяться усі композитні матеріали, в яких основою є вуглецеві волокна, а зв'язуючи можуть бути різними. Карбон та вуглепластик — це одне й те саме.

Смоли, зокрема як поліефір, складний вініловий ефір та полімери на основі епоксидних смол, виступають зв'язуючим елементом, який дозволяє поєднати

волокнистий матеріал та наповнювач для створення міцних, несучих навантаження конструкцій.

Для зменшення кількості смоли в матеріалі та покращення його механічних якостей використовується процес вакуумної інфузії, що й дозволяє зменшити вагу композиту на 30-35%.

Однак поки складність представляє той факт, що матеріал композитного судна створюється безпосередньо під час проектування та побудови судна, на відміну від металевих суден. Конструктор завжди повинен мати можливість відкоригувати тип арматури та напрям армування в залежності від діючого навантаження. Таким чином є можливість оптимізувати конструкцію, в тому числі згинальні моменти, під діючі навантаження.

Серед вчених існує думка, що застосування композитів в корпусах суден більш ніж 30 метрів не надає значних переваг по вазі, зважаючи на вимоги до жорсткості при загальному вигині. Проте традиційне використання полімерних композиційних матеріалів для виготовлення окремих елементів здатне істотно знизити вагу корпусу навіть 80 метрового судна.

Одним з прикладом того, що думка про невеликі розміри суден з композиту – хибна, є виготовлення цільного корпусу великого розміру методом інфузії у 2002-2003 роках на верфі Vosper Thornycroft Shipbuilding у Великобританії. Корпус яхти Mirabella V (довжиною 75,2 метрів) складається з композитного матеріалу - склопластика.

Для рекреаційних суден вагою понад 500 тонн (Mirabella V важить 740 тонн) композитна конструкція не обов'язково легша від найближчого конкурента - алюмінію, але вона пропонує переваги міцності, менших витрат на обслуговування (включаючи зменшення вимог до фарбування), довговічності, і відносна тиша під водою. Високий модуль на базі Хамбла, відгалуження одноїменного спеціаліста з морських конструкцій Нової Зеландії, був призначений для втілення загальної концепції дизайнера Рона Холланда в інженерну реальність.

Конструкція яхти Mirabella V є унікальною завдяки наявності лише однієї щогли. За звичай судна довжиною більше ніж 25 метрів будуються з двома чи навіть трьома щоглами з метою розділення площі вітрил на декілька площин, більш легких у підйомі та керуванні. Висота щогли складає майже 88,5 метри. Навантаження в основі щогли складає 440 тонн.

За задумом власника, інженери мали сконструйовати майбутнє судно у відповідності 2 основним технічним вимогам:

- 1) бути швидким - створення швидкісної вітрильної яхти, яка забезпечувала рівень комфорту, раніше можливого на моторних яхтах.

Для досягнення цього результату використовувалась конструкція з композитних матеріалів, яка забезпечила необхідну комбінацію міцності, ваги, швидкої збірки, бюджету, технологій та дозволила вивільнити простір для пасажирів. При цьому розрахункова швидкість яхти під вітрилами при сприятливому вітрі може перевищує 20 вузлів.

- 2) здатне увійти до бухти Палм-Біч, за для чого інженеру прийшлося застосувати підйомний кіль для зниження осадки судна [4].

Обрання для побудови яхти композитного наноматеріалу дозволило вирішити одразу три проблеми, а саме:

- 1) пришвидшити будівництво;
- 2) скоротити час та витрати, оскільки композитні панелі не вимагають ремонту і антикорозійної обробки;
- 3) покращити термо- та звукоізоляцію [5].

Крім того, використання у будівництві яхти Mirabella V склопластика дозволило при переробці у 2012 році збільшити на 3 метри площу корми на транці, побудувати відкидну платформу в борту.

Проте більш складними є випадки побудови катамаранів, у зв'язку з тим, що в доповнення до поздовжнім навантаженням відчують також поперечний згин, поперечний зсув та кручення, які вирішуються за допомогою моделювання.

У 2014 році австралійські розробники запропонували судно-трансформер Kormaran K7 [6], головна структура якого виготовлена з вуглецевого волокна, яке також використовують при створенні гоночних болідів. Гідрокрила або гідравлічні «руки» зроблені завдяки поєднанню нержавіючої сталі та титану, що дозволило скоротити супровід води до 80%, тим самим забезпечивши високу швидкість при зменшених затратах енергії.

Максимальна довжина судна складає 7,1 м, довжина по ватерлінії 5,5 м, ширина різниця в залежності від обраного режиму: 1,6 м в однокорпусному режимі, 2,7 м в режимі катамарана, 3,5 м в режимі тримарана. Осадка судна 0,3 м, а в конфігурації з підводними крилами 1,4 м.

Крім того серед багатьох особливостей цього судна є те, що Kormaran здатен перетворюватись з однокорпусного човна в катамаран, тримаран та судно на підводних крилах, а також здатен обернутися платформою для купання. При цьому трансформація може здійснюватися прямо під час руху.

Необхідно відмітити і напрацювання українських вчених. Ще у 2009 винахідник Олександр Березин на виставці «Новий час» у м. Севастополь представив на той час унікальний проект катера-тримарана [7], який мав би бути невидимим для радарів. Головною особливістю мало стати використання у корпусі судна поряд з алюмінієвими та титановими сплавами, композитних матеріалів.

За твердженнями винахідника, корабель може мати довжину від 25 до 100 метрів і більше, і розрахований на швидкість понад 100 кілометрів на годину. При цьому тримаран здатний буде ходити за будь-яких погодних умов, навіть під час значного шторму. Винахід було запатентовано і йому на той час не було рівних.

Проте для українського ВМС все залишилося мрією, яку у серпні 2021 було втілено урядом Індонезії у тримарані KRI Golok 688.

KRI Golok – є оригінальним судном індонезійського виробництва, майже повністю побудованого з композитного матеріалу, який окрім того, що ускладнює виявлення ворожими радарами, має високу питому міцність, зменшену вагу, й чудову втомну та корозійну стійкість.

Загальна довжина тримарану KRI Golok 688 становить 62,53 метри, ширина - 16 метрів, висота – 18,7 метрів та вагу 53,1 тонни, має максимальну швид-

кість у 28 вузлів і крейсерську швидкість у 16 вузлів. Здатен перевозити 25 членів екіпажу.

В нещодавньому минулому практичне використання вуглецевих волокон у суднобудуванні було значно обмежено їх високою вартістю, головним чином через завищену вартість прекурсорів[8].

Проте вуглепластики, вуглеволокно, вакуумна інфузія з часом стають все більш доступними та економічно ефективними.

Судна при значних розмірах стають маневреними, швидкісними, стійкими, екологічними. Композитні матеріали стають основою сучасного суднобудування. Перевагами таких суден стає велика швидкість, здатність перевозити більше вантажів при той самій потужності пропульсивної установки та витрат палива.

Таким чином завдяки використанню новітніх технологій вдається реалізувати мрії винахідників, розробників, екологів. Й те, що декілька років тому було неможливо, наразі знаходить свій прояв у створенні суден, що підтверджує рух в нову еру суднобудівного виробництва.

ЛІТЕРАТУРА

- 1) Ocean of possibilities
URL: [http:// products.damen.com](http://products.damen.com)
- 2) Вуглецеве волокно
URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki>
- 3) Вуглецеве волокно, що це таке, застосування карбону в сучасному будівництві . Стаття
URL: <http://svouimirukami.ru/uk/articles/uglerodnoe-volokno-hto-eto-takoe-primenenie-karbona-v-sovremennom-stroitelstve.html>
- 4) Mirabella V
URL: <http://www.bymnews.com/new/mirabellav/index.html>
- 5) http://www.reinforcedplastics.com/market-focus/marine_offshore/Mirabella/html
17 Nov 2004 - 3 Mar 2016
- 6) Kormaran: новая удивительная лодка-трансформер
URL: <https://naked-science.ru/article/concept/high-tech-transforming-kormaran-watercraft>
- 7) Тримаран – український корабель майбутнього
URL: <https://mil.in.ua/uk/news/trymaran-ukrayinskyj-korabel-majbutnogo/>
- 8) Preparation of carbon fibers from low-molecular-weight compounds obtained from low-rank coal and biomass by solvent extraction / LI Xian, ZHU Xian-qing, Kenshiro Okuda // New Carbon Materials. - 2017. – №2. – P.41-47
URL: <http://www.jseejournal.com/media/45/attachment/Preparation%20of%20Carbon%20pp.%2073-77.pdf>

Застосування зелених нанотехнологій у суднобудуванні та судноремонті

Море завжди було і буде сферою найважливіших інтересів людини. Світовий флот щорічно перевозить морем до 10 млрд тонн вантажів. У ХХІ столітті ці інтереси істотно трансформуватимуться. Причинами стануть докорінні зміни міжнародної обстановки, а також зростання економічної та військово-стратегічної ролі Світового океану у розвитку цивілізації.

Пріоритетними напрямками науки є промисловість наносистем і матеріалів і раціональне природокористування [1].

1. Зелені нанотехнології

Зелені нанотехнології — це такі технології, в яких використовуються безпечні для довкілля хімічні, технологічні та виробничі процеси, а отримані за їх допомогою наноматеріали не проявляють негативного впливу на організм людини й тварин [3].

Зелена нанотехнологія має дві мети: виробництво наноматеріалів та нанопродукції без шкоди для навколишнього середовища або здоров'я людини, і виробництво нанопродуктів, які забезпечують вирішення екологічних проблем. Вона використовує існуючі принципи «зеленої» хімії та «зеленої» інженерії, щоб створювати наноматеріали та нанопродукти без токсичних інгредієнтів, за низьких температур, використовуючи менше енергії і поновлюваних ресурсів, коли це можливо, та за допомогою мислення з урахуванням життєвого циклу на всіх стадіях проектування та розробки.

На додаток до створення наноматеріалів та продукції з меншим впливом на довкілля, «зелена» нанотехнологія також означає використання нанотехнологій для того, щоб зробити поточні виробничі процеси для не-наноматеріалів і виробів більш екологічно чистими. Наприклад, нанорозмірні мембрани можуть допомогти відокремити потрібні продукти хімічної реакції від відходів. Нанорозмірні каталізатори можуть зробити хімічні реакції більш ефективними та економічними. Нанорозмірні датчики можуть бути частинами автоматизованих систем управління технологічними процесами, котрі працюють з інформаційними системами, створеними на основі нанотехнологій. Використання систем альтернативної енергії стало можливим завдяки нанотехнології, це ще один спосіб зробити виробничі процеси «зеленими».

Друга мета зеленої нанотехнології включає в себе розробку продуктів, прямо або опосередковано корисних для довкілля. Наноматеріали або нанопродукти можуть безпосередньо очищати місця скидання небезпечних відходів, опріснювати воду, знешкоджувати шкідливі речовини, або знаходити і контролювати речовини, котрі забруднюють навколишнє середовище. Опосередковано, легкі нанокомпозити для автомобілів та інших транспортних засобів могли б економити паливо і зменшити кількість матеріалів, потрібних для виробництва; паливні комірки та світлодіоди (LED) на основі нанотехно-

логій можуть знизити забруднення від виробництва енергії і допомогти зберегти викопне паливо; самоочисні нанорозмірні покриття поверхонь можуть зменшити або скасувати застосування багатьох хімічних речовин для очистки, котрі використовуються у регулярних процедурах обслуговування; довший термін служби батареї може призвести до зменшення використання матеріалів та меншої кількості відходів. Зелена нанотехнологія охоплює багато наноматеріалів та нанопродукції, гарантуючи, що непередбачені наслідки зводяться до мінімуму і що будь-які впливи є передбачуваними протягом всього життєвого циклу [2].

2. Сучасні дослідження

2.1. Сонячні елементи

Одним з великих проєктів, який розробляється зараз, є розвиток нанотехнологій в сонячних елементах. Сонячні елементи є більш ефективними, оскільки вони стають усе меншими за розміром, а сонячна енергія є відновлюваним ресурсом. Один ват сонячної енергії коштує менше долара.

Нанотехнології вже використовуються для покращення продуктивності покриттів для фотоелектричних та сонячних термальних панелей. Їхні гідрофобні та самоочисні властивості поєднують, щоб зробити сонячні батареї більш ефективними, особливо в негоду. Фотоелектричні панелі з нанотехнологічним покриттям залишаються чистими довше, завдяки чому підтримується максимальна енергоефективність [2].

2.2. Наноочищення та обробка води

Нанотехнології пропонують потенціал нових наноматеріалів для обробки поверхневих та підземних вод, стічних вод, та інших компонентів навколишнього середовища, забруднених іонами токсичних металів, органічними і неорганічними розчиненими речовинами, та мікроорганізмами. Завдяки своїй унікальній активності стосовно стійких забрудників, багато наноматеріалів є об'єктами активних досліджень і розробок для обробки води та забруднених ділянок.

Сучасний ринок нанотехнологій, що застосовуються для очищення води, складається з мембран зворотнього осмосу, нанофільтрації та ультрафільтрації. Справді, серед нових продуктів можна назвати нановолоконні фільтри, вуглецеві нанотрубки та різноманітні наночастинки. Очікується, що нанотехнології ефективніше впораються з забруднювачами, з якими борються конвекційні системи водоочищення, в тому числі з бактеріями, вірусами та важкими металами. Ця ефективність зазвичай впливає з дуже високої питомої площі поверхні наноматеріалів, що підвищує розчинення, реакційну здатність та сорбцію забруднюючих речовин [2].

2.3. Забруднення

Вчені проводили дослідження здатності бакмінстерфуллерену до контролю забруднення, оскільки він може контролювати певні хімічні реакції. Бакмінстерфуллерен продемонстрував властивість індукувати захист активних форм кисню і спричиняти перекисне окиснення ліпідів. Цей матеріал може зробити водневе паливо більш доступним для споживачів [2].

2.4. Застосування наноструктурних покриттів у суднобудуванні та судноремонті

Застосовування нанотехнології, зокрема нанопокриття корпусів кораблів, збільшить термін експлуатації та гарантує економічну та екологічну ефективність у сфері суднобудування [1].



Рис. 1 Технологічний цикл виготовлення гідрофобного покриття [1].

Гідрофобні покриття та нанофарби зручні у застосуванні, захищають корпус корабля від корозії та полегшують роботу судна.

Гідрофобність – це фізико-хімічна властивість, за якої тверда поверхня має кут змочування рідиною $\theta > 90^\circ$ (θ – крайовий кут змочування рідиною поверхні твердого тіла). При обволіканні волокон гідрофобною плівкою вода не проникає всередину тканини і надає поверхням водовідштовхувальних властивостей.

При покритті ниток гідрофобною плівкою, рідина не проходить через матеріал, або безперешкодно стікає, або розділяється на дрібні краплі, що залишаються на площині і не змочують його (Рис.1) [1].

Виявлено можливості використання екологічно безпечних нанофарб в інтер'єрному дизайні суден. НЛФМ для літаків можна використовувати для камуфляжу суден та підводних човнів.

Головною ознакою наночастинок є їх розмір – не більше 100 нм. Саме розмірами визначаються унікальні властивості наноматеріалів. Наприклад, електропровідність починає залежати від розміру частинки при зменшенні кристала речовини до 10-20 нм і менше. Нанониті павутиння можуть утримати величезних у порівнянні з її товщиною комах.

Наноструктуроване покриття для стелс-літаків складається з вуглецевих нанотрубок та приховує об'єкт у нічному небі. Нанотрубки мають високу міцність та електропровідність, поглинають спектр випромінювання від радіохвиль до ультрафіолету. Це забезпечує камуфляж, стелс-літаки фарбують у темний колір, щоб приховати їх від видимості. Показник заломлення майже дорівнює показнику повітря. Це означає, що світло не розсіюватиметься від нанотрубок без поглинання.

В автомобільній промисловості використовуються наноструктурні матеріали, що мають високу міцність. Розробляються лаки на основі наносистем, що мають здатність до «самолікування» поверхні. Вивчаються можливості надавати ефект самоочищення «лотоса» всім лакам і склам, що використовуються.

Нанофарбу для літаків можна використовувати для камуфляжу суден і підводних човнів, щоб вони стали невидимими для радару. Підвищена міцність до пошкоджень корабля може бути забезпечена використанням нанолаків, що використовуються автомобілебудуванням. Можна замінити паливо на кораблях на водень, який необхідно акумулювати в пристроях, що містять наноматеріали (наприклад, складні фулерени).

Застосування композитних матеріалів є перспективним напрямом у суднобудуванні – особливо під час створення високошвидкісних, пасажирських та рибальських суден. Головні якості композитів: зносостійкість та стійкість до дії агресивних середовищ. Мінімальна щільність дозволяє виготовляти легкі конструкції. Це підвищує безпеку та економічність судів [1].

Лакофарбові матеріали, у складі яких є наноструктури, називають нанолакофарбовими (НЛФМ). НЛФМ готують двома шляхами: введенням наночастинок або синтезом наночастинок ЛФМ. При приготуванні першим способом виникають труднощі:

- рівномірний розподіл наночастинок у ЛФМ можливий лише ультразвуком;
- складність збереження розмірів наночастинок, оскільки через високу поверхневу енергію вони інтенсивно агрегуються;
- висока вартість, обумовлена великими енерговитратами отримання наночастинок.

Другий спосіб отримання НЛФМ – "золь-гель технологія" – не має цих недоліків. Синтез наночастинок здійснюється в ЛФМ шляхом перетворення молекул речовин, званих прекурсорами і що вводяться в ЛФМ, спочатку на "золь", а потім на "гель" (студноподібне тіло). Наночастинки дешевші за ті, які

отримують подрібненням твердих тіл. Ця технологія проста та екологічно безпечна [1].

Висновок: НЛФМ можна використовувати в суднобудуванні для усунення порошини крейдових побілок, підвищення їх водостійкості, можна знижувати в'язкість оліф та фарб, замінюючи пожежонебезпечні розчинники, підвищуючи міцність та теплостійкість конструкцій.

НЛФМ виробляють електричний струм, як сонячні батареї і випромінюють біле світло подібно до світлодіодів, живлячись при цьому струмом, який вони самі виробляють. НЛФМ утворюють п'єзоелектричні покриття, що контролюють втому матеріалів.

З графітових нанотрубок, товщиною в кілька атомів можна виготовити непробивну броню, вогнестійкі корпуси кораблів, канати, що доставляють вантажі на корабель.

Нанофарба використовує нанотехнологію, завдяки якій на поверхні об'єкта, що покривається, створюється бар'єр повітря. Він повністю відображає воду, густі олії, фарби, залишаючи поверхню при цьому сухою та без бактерій. Цією фарбою можна покривати для захисту від впливу води та масел пластик, скло, тканини, метал тощо.

Екологічно безпечні нанофарби New Nanomat (антибактеріальна), New Nanotex (водовідштовхувальна) та New Nanoson (вогнезахисна) можуть використовуватися в суднобудуванні та судноремонті. Нанофарби, що блокують бездротові сигнали можуть використовуватися в інтер'єрному дизайні суден. Нанофарби Seajet 033 SHOGUN, 034 EMPEROR та 039 PLATINUM - самополіруючі засоби для захисту від обростання черепашками та водоростями. Взаємодіючи з морською водою забезпечують оптимальні характеристики протягом мореплавного сезону [1].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. <https://school-science.ru/8/11/42754>
2. [Зелені нанотехнології - Вікіпедія](https://uk.wikipedia.org/wiki/Зелені_нанотехнології)
[https://uk.wikipedia.org > wiki > Зелені нанотехнології](https://uk.wikipedia.org/wiki/Зелені_нанотехнології)
3. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiTlbOl4Lb2AhXJk4sKHSLaAYEQFnoECAsQAQ&url=http%3A%2F%2Fscinn.org.ua%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fpdf%2F2011%2FFN1%2FChekman.pdf&usg=AOvVawlOpTmdqunYu8cJVR4Ji5Yi>

УДК 621.12

Батинський А.І.

Національний університет «Одеська морська академія»

Алгоритмізація технологічно-організаційного процесу обробки вантажів на контейнерному терміналі порту

Транспортна логістика – це доставка вантажів від постачальника до споживача з мінімізацією витрат часу та ресурсів. У період цифровізації морська логістика розвивається з допомогою використання ІТ-технологій у основних вуз-

лах ланцюжка поставок [1]. В автоматизації логістичних процесів зацікавлені всі учасники ринку морських перевезень. При вирішенні логістичних завдань необхідно розробляти маршрути, вибирати транспортні засоби, визначати точки навантаження та вивантаження [2].

Значною частиною ринку транспортних послуг є перевізники та структури, що управляють складами та портами. Всі процеси обробки вантажів добре піддаються автоматизації. Тому доцільно звести їх територіально на одну площу. Це особливо технологічно виправдано при організації обробки вантажів в портах [3]. Таким чином, з'являється можливість організації контейнерного терміналу на території порту. Можлива технологічно-організаційна структура такого терміналу представлена на рисунку.

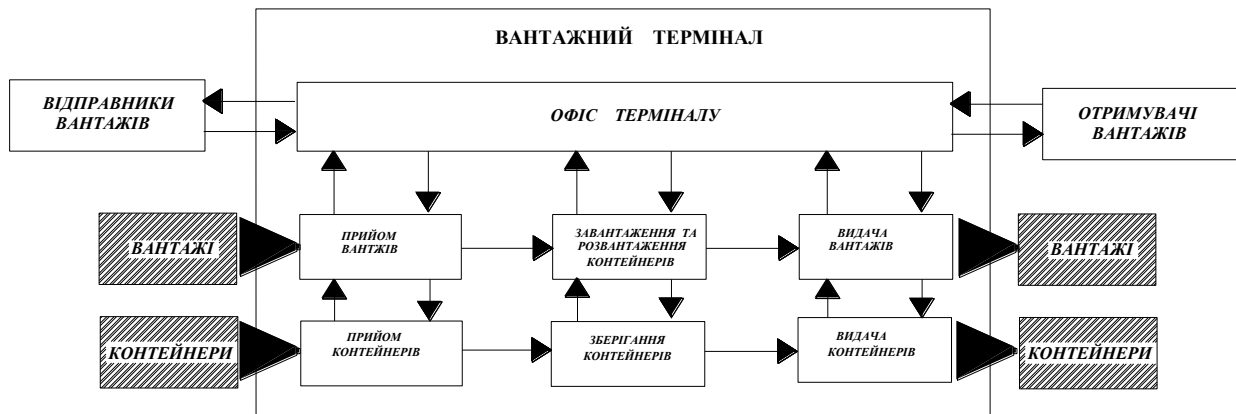


Рис. Технологічно-організаційна схема роботи контейнерного терміналу

На цьому рисунку кожному структурному елементу ставиться у відповідність комплекс організаційних засобів, які передбачають високий рівень автоматизації всіх процесів, з використанням технічних та програмних засобів комп'ютерної техніки. Розглянемо ці елементи (за схемою — зверху донизу і зліва направо):

офіс терміналу, це структура, де обробляються всі документи на вантаж, а також здійснюються контроль та управління роботою терміналу.

- відправники вантажів, це фізичні та юридичні особи з документами на вантаж, що відправляється.

- вантажі (не в контейнерах), це вантажі, які на терміналі розміщуються в контейнери.

- прийом вантажів, що відправляються, для завантажування в контейнери.

- завантаження контейнерів, призначених для відправки, а також розвантаження контейнерів, що прибули.

- видача вантажів, вивантажених із контейнерів, одержувачам.

- контейнери, це вантаж що надходить до терміналу у контейнерах і не вимагає додаткової підготовки до відправки.

- приймання контейнерів, призначених для прямого відправлення.

- майданчик зберігання контейнерів.

- видача контейнерів з вантажем одержувачам, а також відправлення контейнерів для подальшої обробки.

На всіх етапах здійснюється автоматизований збір і обробка інформації офісом, що забезпечує контроль та управління роботою терміналу.

Надалі знадобиться деталізація функцій, виконуваних на кожному етапі обробки вантажів.

Література

1. Підгорний М.В. Впровадження системних досліджень в логістичні процеси. Автомобільний транспорт і автомобілебудування. Новітні технології і методи підготовки фахівців: наукові праці міжнародної науково-практичної конференції, м. Харків, 19–20 жовтня 2017 р. Харків, 2017. С. 38–41.

2. Підгорний М.В. Інформатизація виробничих процесів транспортної інфраструктури. Вісник Черкаського державного-технологічного університету. Черкаси, 2014. № 1. С. 14–20.

3. Батинський А.І. Застосування сучасних інформаційних технологій для рішення логістичних задач на морському транспорті// Матеріали науково-технічної конференції "Річковий та морський флот: експлуатація і ремонт ", – Одеса: НУ "ОМА", 2021. –С.175 – 177.

УДК 539.538

Корх М.В.

Національний університет «Одеська морська академія»

Застосування вуглецевих нанотрубок в електротехніці суднового обладнання

Відкриття вуглецевих нанотрубок належить до найзначніших досягнень сучасної науки. Ця форма вуглецю за своєю структурою займає проміжне положення між графітом та фуллереном. Проте багато властивостей вуглецевих нанотрубок немає нічого спільного ні з графітом, ні з фуллереном. Це дозволяє розглядати та досліджувати нанотрубки як самостійний матеріал, що має унікальні фізико-хімічні властивості.

Дослідження вуглецевих нанотрубок становлять значний фундаментальний та прикладний інтерес. Фундаментальний інтерес до цього об'єкта обумовлений насамперед його незвичайною структурою та широким діапазоном зміни фізико-хімічних властивостей залежно від хіральності.

Вуглецеві нанотрубки – це протяжні циліндричні згорнуті графітові смужки завтовшки до кількох десятків нанометрів і завдовжки до кількох сантиметрів, що мають каркасну вуглецеву структуру. Під цією структурою мають на увазі великі молекули, пов'язані між собою лише атомами вуглецю. На кінцях нанотрубок зазвичай утворюються напівсферичні голівки.

Вуглецеві нанотрубки бувають різних форм і розмірів – прямі та звивисті, одношарові та багатошарові (рис.1). Незважаючи на те, що вони на перший погляд здаються крихкими, насправді вони є досить міцним матеріалом, що було доведено шляхом багатьох досліджень. Було з'ясовано, що вуглецевим

нанотрубкам притаманні такі характеристики, як розтяг і вигин, тобто, під дією різних механічних навантажень елементи не ламаються і не рвуться, але це свідчить, що вони можуть підлаштовуватися під різну напругу.

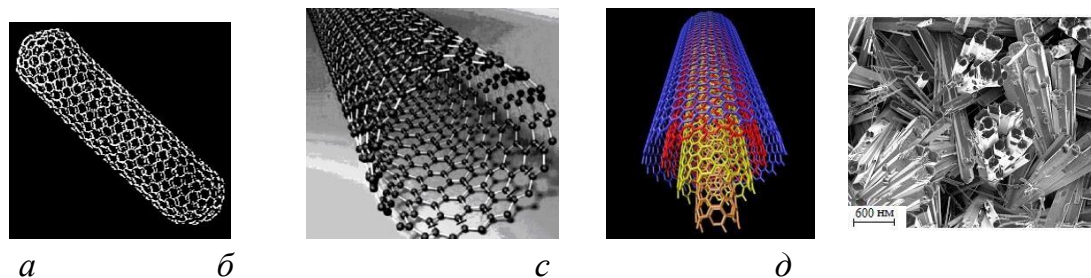


Рис. 1. Схематичне зображення вуглецевої нанотрубки (а) та розташування атомів на її поверхні (б); багатошарова нанотрубка (с); «колонії» вуглецевих нанотрубок (д).

Завдяки таким характеристикам, як вигин, міцність і провідність вуглецеві нанотрубки використовують у багатьох областях: як добавки до полімерів, як поглинач електромагнітних хвиль, при виготовленні різних датчиків і конденсаторів, для перетворення електроенергії, у виробництві композитів з метою посилення їх структури та властивостей.

Багаторазові експерименти, проведені різними вченими, показують, що вуглецеві нанотрубки є найміцнішим і найжорсткішим з усіх відомих матеріалів – матеріалом з рекордно високими значеннями межі міцності на розтяг та модуль Юнга. Це пов'язано з досконалістю структури та сильним хімічним зв'язком між атомами вуглецю, що складають нанотрубку [1].

Нанотрубки також є хорошими теплопровідниками вздовж трубки, виявляючи властивості так званої безперешкодної провідності або надпровідності. Однак поперек осі нанотрубки мають високі теплоізоляційні властивості [3]. Цікава особливість вуглецевих нанотрубок полягає в тому, що вони можуть бути металевими або напівпровідниками залежно від їх діаметра та хіральності.

В результаті синтезу зазвичай виходить суміш трубок, дві третини яких мають напівпровідні властивості та одна третина – металеві [2]. Металеві трубки зазвичай мають крісельну структуру, а напівпровідникові – зигзагоподібну та спіральну. Металеві та напівпровідникові вуглецеві нанотрубки, що відрізняються між собою провідністю струму – металеві можуть проводити струм за температури 0°C , а напівпровідникові – тільки за підвищених температур.

Широке використання вуглецевих нанотрубок в електротехніці можливе завдяки тому, що вони можуть пропускати струм щільністю вище, ніж провідні метали, такі, як наприклад мідь. Так одношарові нанотрубки пропускають струм щільністю до 10^9 A/cm^2 , а багатошарові – до 100 мкА/см^2 , а мідь за таких значень щільності струму плавиться. Крім того, при опорі, який можна порівняти з міддю, вуглецеві нанотрубки в чотири рази легші.

Також вуглецеві нанотрубки перевершують мідь за таким показником, як коефіцієнт теплопровідності вздовж осі. Ще одна перевага нанотрубок пов'язана з холодною емісією електронів, що виникає при додатку вздовж осі трубки електричного поля. Напруженість поля на околиці верхньої частини в сотні

разів перевищує ту, що існує в обсязі, і призводить до аномально високих значень струму емісії при порівняно низькій зовнішній напрузі і дозволяє використовувати нанотрубні макроскопічні системи як холодні емісійні катоди. Емісійна здатність вуглецевих нанотрубок може бути використана при виробництві плоских дисплеїв та сенсорних панелей керування судна.

Застосування вуглецевих нанотрубок у виробництві різних суднових електротехнічних пристроїв є одним із найперспективніших напрямів роботи вчених усього світу. Завдяки властивостям нанотрубок, наведеним вище, їх використання у виробництві, наприклад, кабелів та проводів є досить вигідним. За рахунок своєї легкості та підвищеної провідності кабель, виготовлений з використанням вуглецевих нанотрубок, істотно перевершуватиме свого мідного попередника, що робить його промислове виробництво більш вигідним.



Фото з сайту <https://elprocom.ru/content/uslugi>

Вчені пропонують використовувати вуглецеві нанотрубки при виготовленні різних елементів електричних машин. Так, наприклад, щітки для електричних машин, що являють собою спеціальні електропровідні деталі струмознімального пристрою, які здійснюють ковзний контакт між нерухомими частинами і частинами, що обертаються. Вони служать для підведення або відведення струму, при додаванні в них під час виробництва вуглецевих нанотрубок, які будуть служити довше, ніж зазвичай. Або, наприклад, наномодифіковане покриття корпусів електродвигунів машинобудівного відділення дозволить покращити їх тепловіддаючі властивості. Такі заходи дозволять збільшити термін служби електродвигунів, що суттєво скоротить витрати під час їх експлуатації.

В даний час завдяки своїм властивостям вуглецеві нанотрубки є одним з найперспективніших матеріалів, що застосовуються в галузях морської індустрії. Незважаючи на їх недоліки, такі як токсичність, застосування нанотрубок в електротехніці обумовлено необхідністю створення нового матеріалу, завдяки властивостям якого з'явиться можливість зменшити витрати на виробництво та експлуатацію електрообладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Елецкий А. В. Углеродные нанотрубки и их эмиссионные свойства / А. В. Елецкий // Успехи физических наук, 2002. – Т. 172, № 4. – С. 401 – 437.
2. Пул Ч. Нанотехнологии / Ч. Пул, Ф. Оуэнс//Техносфера, 2005. – 336 с.
3. A.J.Lecloux, F.Luizi, 3rd Annual Nanotechnology Safety for Success Dialogue, Brussels, 3-4 November 2009. – 220 с.

УДК 628.32.2

Удолатій В.Б.

Національний університет «Одеська морська академія»

Алгоритм роботи систем очищення димових газів від домішок при використанні скруберів

Від вмісту сірки в паливі, на якому працює суднова енергетична установка, залежить вміст SO_x у вихлопних газах. Але приблизно тільки 20% нафти з відомих на сьогодні родовищ нафти, мають зміст сірки менш 0,5 %. Оскільки видобуток нафти з низьким вмістом сірки відбувається в першу чергу, то збільшується середній зміст сірки у використовуваній нафті.

Існує велика кількість теоретично обґрунтованих способів очищення відпрацьованих газів від оксидів сірки, але, практичне застосування знаходять тільки технічно не складні й економічно вигідні проекти.

Найчастіше на практиці використовуються: механічний, фізико-хімічний, електрохімічний і біохімічний методи й способи очищення димових газів [1].

Найпростішим способом видалення оксидів сірки з газів, що відпрацьовали, є метод з застосуванням скруберів з використанням морської або прісної води. В скрубері відбувається процес абсорбції і також скрубер одночасно може працювати як глушник. Приклад системи водяного скрубінга, яку впроваджує фінська машинобудівна компанія Wärtsilä, яка є провідним постачальником устаткування і технологій для ринку енергетики і суднобудування, наведений на рисунку 1.

У скрубері відбувається процес тепломасообміну між, газами, що відпрацьовали і морською або прісною водою, яка розпилюється в протитечію газам. Оксиди сірки й зважені частки поглинаються водою. Після скрубера вода надходить у систему очищення й нейтралізації, у якій послідовно проходить через гідроциклони й сепаратори шламу. У попередньому гідроциклоні видаляється сажа; у другому - менш щільні частки (у вигляді нафтовмістних відходів). Відходи поступають в сепаратор, в якому відбувається процес їх коагуляції, а в скрубері відбувається підживлення частини води. Приблизно 20% циркулюючої води скидається за борт, інша частина віддає теплоту газів, що відпрацьовали, в пластинчатому теплообміннику і після охолодження повертається в систему скрубера. Вода, що скидається за борт, поповнюється від поживного насоса через автоматичний вентиль. У пластинчатому теплообміннику охолоджується морська вода поглинає теплоту газів, що відпрацьовали, і після змі-

шування з водою системи циркуляції викидається за борт. В результаті змішування окисленої води із скрубера і свіжої морської води відбувається часткова нейтралізація сульфатів вуглекислим кальцієм, що знаходиться в морській воді, внаслідок чого виходить сульфат кальцію (гіпс) і двоокис вуглецю. Закінчення процесу нейтралізації відбувається на відстані декількох метрів від місця скидання [2].

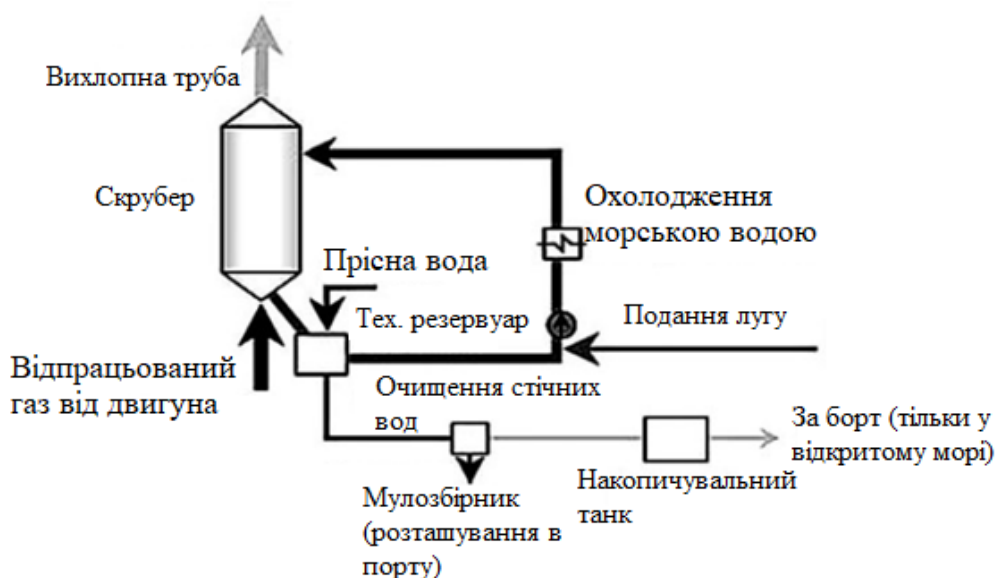
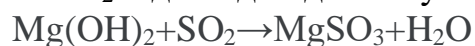


Рис. 1. Установа для зменшення змісту сірки у випускних газах дизеля

У закритому режимі луг, зокрема $\text{Mg}(\text{OH})_2$, додається в технологічний резервуар для збільшення рН, отже, для підвищення здатності розчину поглинати/зв'язувати SO_x . Луг додається в технологічний резервуар по трубопроводу в якому встановлений дозуючий насос, який забезпечує подання необхідної кількості луку. Основна частина SO_x є присутньою у вихлопних газах у вигляді SO_2 . У скруббері відбувається розчинення SO_2 у воді. $\text{Mg}(\text{OH})_2$, доданий в скрубберну воду, реагує з SO_2 відповідно до наступних рівнянь:



$\text{Mg}(\text{OH})_2$ завантажується на борт судна і додається в технологічний процес у закритому режимі роботи скрубберної системи.

В залежності від потреб замовників компанія Wärtsilä, розробила і пропонує скрубери трьох варіантів: звичайний скруббер V - SOX з числом труб Вентурі до 4-х, компактніший і зручніший для монтажу скруббер I - SOX і скруббер Q – SOX. Кожна конструкція має свої переваги і недоліки, які залежать від типу судна і компонування, тому дуже важливо враховувати конкретні технічні умови кожного проекту. Усі скрубери можуть працювати за схемою із замкнутим або відкритим контуром. Компанія Wärtsilä створила універсальну скрубберну систему, здатну працювати як у відкритому, так і в закритому контурі. Це так званий гібридний скруббер. Рішення на базі гібридного скруббера забез-

печує максимальну експлуатаційну гнучкість і дозволяє з високою ефективністю і безпекою працювати і в слаболужних водах, і у відкритому морі.

В залежності від компонування скрубери також поділяються на одно- і багатоканальні. Одноканальний – це скрубер, який виконує очищення газів, що відпрацювали, від одного двигуна і має тільки один вхід. У випадках, коли одним скрубери виконується обробка відпрацьованих газів від декількох двигунів, які належать до складу суднової енергетичної установки, скрубер має декілька входів і вважається багатоканальним. У таблиці 1 зведені переваги і недоліки обидвох схем компонування.

Таблиця 1. Конструктивні особливості.

Конструктивні особливості	Переваги	Недоліки
Одноканальний скрубер	Займає меншу площу, якщо вежа може бути одночасно і глушником. Центр тяжіння низький, не зменшує стійкість. Більш низьке споживання енергії. Придатний і для сухого ходу (не допускається в деяких портах і зонах).	Складніша установка вежі. Для покриття більшої кількості двигунів вимагає додаткових веж.
Багатоканальний скрубер	Однією скрубериною вежею обробляє декілька потоків газів. Більш простіша установка. Економніше рішення для двигунів, об'єднаних в енергетичну установку.	Складніше прокладання трубопроводів.

При установці скрубери потрібно капітальні витрати, які за оцінками Інституту морських досліджень Фінляндії складають приблизно 50 євро за 1 кВт потужності суднової установки. При цьому ще скорочується корисний простір на судні і тому знижуються доходи судновласників.

Висновки

Встановлення скрубери для суден деяких типів потребує додаткової перевірки остійності, із-за необхідності зберігання, здачі і отримання розчину сечовини і його похідних, ускладнюються і логістика судна. Нові судна, які обладнані скрубери устаткуванням, будуть менш конкурентоздатними із-за збільшення собівартості.

Технічні рішення з використанням абсорбери і скрубери на морських судах проходять стадію впровадження. Виконуються дослідження по безпеці методу видалення оксидів сірки з газів що відпрацювали, з застосуванням скрубери для довілля, розроблені і розробляються додаткові правила експлуатації систем очищення, які вже прийняті або мають бути згодом прийняті відповідними міжнародними організаціями. Додаток VI Міжнародної конвенції

по запобіганню забрудненню з суден (MARPOL 73/78), вимагає негайних заходів для приведення токсичних викидів з суден у відповідність з введеними нормами за рахунок впровадження нових технічних рішень в суднові системи очищення.

Посилання:

1. Возницький І.В., Пунда А.С. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 2.: М. МОРКНИГА, 2008. 470 с.
2. Удолатій В.Б. Напрями вдосконалення системи очищення відпрацьованих газів на судах .// Science, research, development № 29 TECHNICS AND TECHNOLOGY. – Гданьск\Gdańsk – 2020. – С. 66-69.
3. Sulphur 2020 – cutting sulphur oxide emissions [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http:// www.imo.org/en/mediacentre/hottopics/pages/sulphur-2020.aspx](http://www.imo.org/en/mediacentre/hottopics/pages/sulphur-2020.aspx) (дата звертання: 11.12.2021).
4. ISO statement on ISO 8217 and IMO 2020 0,50 % Sulphur fuels [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://shipandbunker.com/news/world/482202-iso-statement-on-iso-8217-and-imo-2020-0,50-sulphur-fuels> (дата звертання: 01.10.2021).
5. Global Sulphur Cap 2020 – extended and updated [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https:// www.dnvgl.com/maritime/publications/global-sulphur-cap-2020.html](https://www.dnvgl.com/maritime/publications/global-sulphur-cap-2020.html) (дата звернення: 22.02.2022).
6. What you need to know: The 2020 IMO fuel sulphur regulation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.seatrade-maritime.com/images/PDFs/SOMWME-whitepaper_Sulphur-p2.pdf (дата звернення: 10.11.2021).
7. SO_x scrubber technology. – Finland: Wärtsilä, 2017. – 8 p.
8. Скрубберы – аппараты для очистки газов [Електронний ресурс] / Електронні данні. – Режим доступу: <http://mrc.org.ua/sistemy-ochistki-gaza/216-skrubber-dlya-ochistki-gazov>.

УДК 629.563

Хнюнін С. Г.

Національний університет «Одеська морська академія»

Підвищення ефективності роботи азимутальної гвинторульової колонки на низьких швидкостях

Згідно з прогнозом економічного і соціального розвитку України продовження відновлення світової економіки у 2022 – 2024 роках забезпечить основу для зростання попиту на нафту. Так, за прогнозом Організації країн-експортерів нафти (ОПЕК) у 2023 та 2024 роках світовий попит на нафту зросте, та буде вищим по відношенню до докризового 2019 року [1].

На даний час фахівці сходяться на думці, що передбачувані запаси вуглеводневої сировини, розташовані в осадових породах морського та океанського дна, становлять 70 відсотків усіх запасів, що є на планеті [2]. Цей відсоток зго-

дом збільшуватиметься у зв'язку з тим, що виснаження наземних родовищ відбувається швидше, ніж морських. Це зумовлено дуже витратними технологіями, що застосовуються при організації морського та океанського видобутку по відношенню до наземного. Також морський видобуток пов'язаний з вищими ризиками, які залежать від зовнішніх обставин, не пов'язаних з добувною технікою. Крім початкових вкладень таких морських бурових платформ (а вони можуть сягати 113 мільйонів доларів США [3]) також високі та постійні експлуатаційні витрати.

Підвищення експлуатаційних характеристик таких складних та дорогих інженерних комплексів і, отже, збільшення періоду технічного обслуговування обладнання є актуальним завданням та дозволяє знизити постійні поточні технічні витрати.

У ході експлуатації напівзанурювальної плавучої бурової платформи (НПБП) часто виникає ситуація, коли азимутальна гвинтульова колонка (АГРК) спрямовує потік рідини під днище платформи. При цьому є ймовірність виникнення ефекту Коанда, коли під дією цього ефекту під дном створюється розрядження, яке відхиляє потік, що рухається.

Чинники, що впливають на виникнення ефекту Коанда можна поєднати у чотири групи за напрямками впливу (рис. 1): сама платформа, водне середовище і повітряне середовище. Також вплив може бути від підводного рельєфу дна, проте для випадку НПБП вона становить до 200 метрів і якогось впливу позбавлена. Цей фактор можна враховувати для інших об'єктів – буксирів, суден-кабелеукладачів, пасажирських судів, наукових судів та військових платформ стартових комплексів у випадку, коли вони працюють на мілководді.

Проведене комп'ютерне моделювання (рис. 2) показало різницю тисків, що виникає під час руху робочого середовища вздовж прямолінійної поверхні.

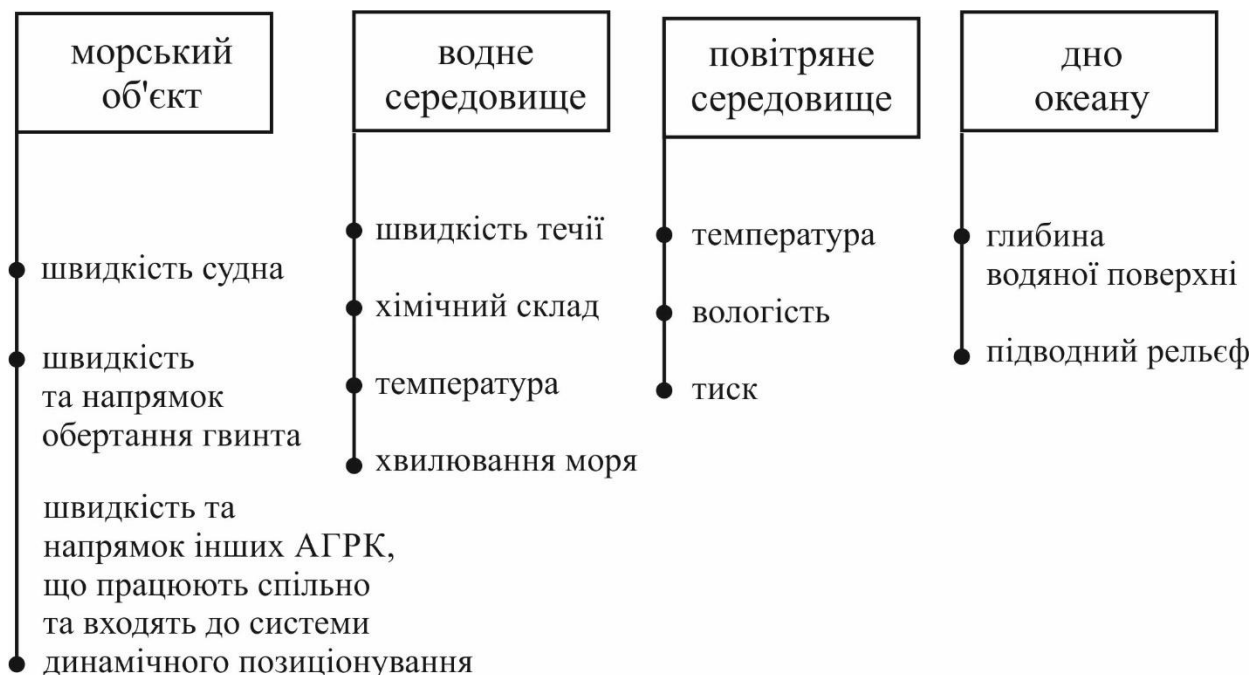


Рис. 1. Чинники, що впливають на виникнення ефекту Коанда

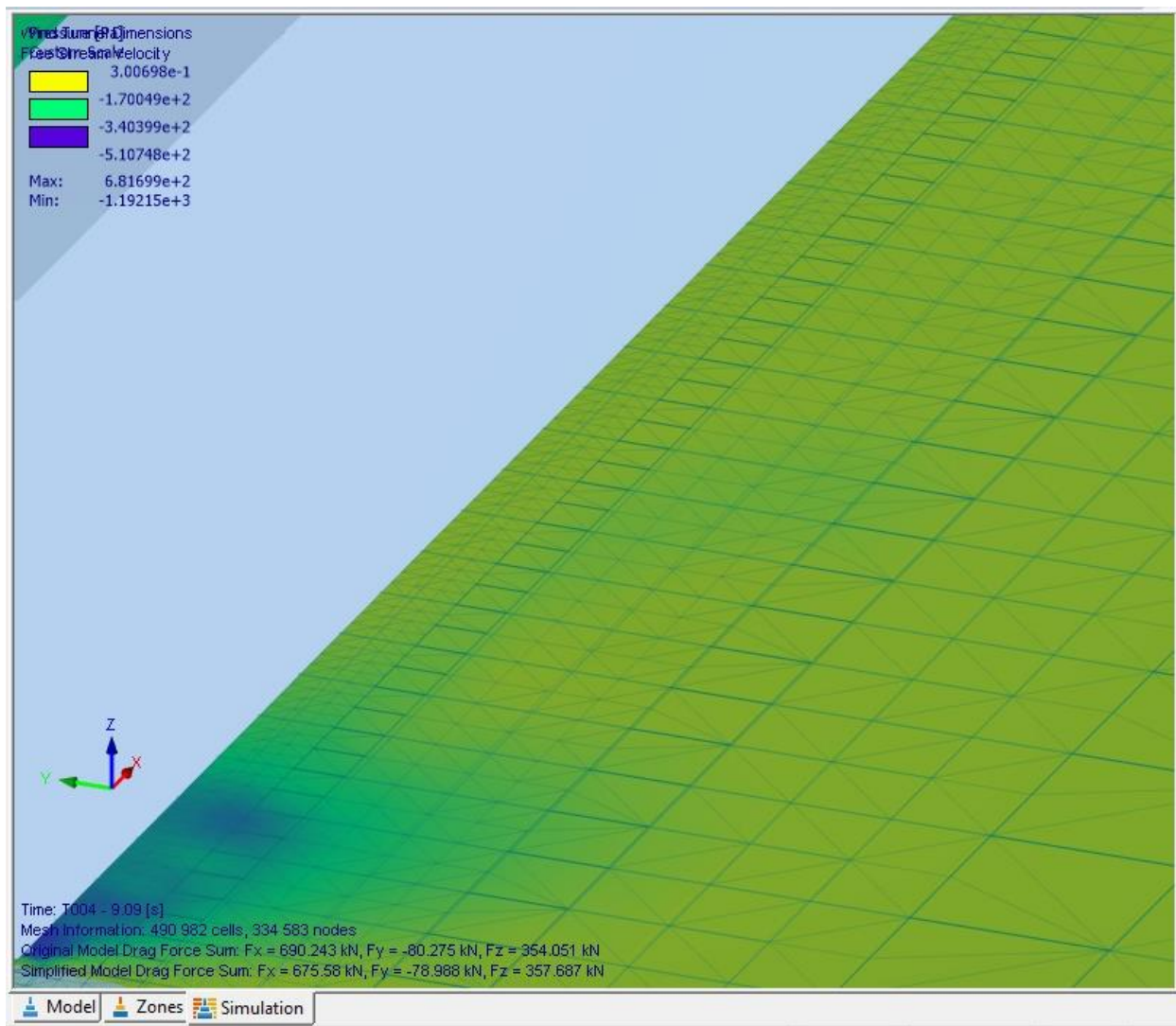


Рис. 2. Програмне моделювання розподілу тиску у робочому середовищі

Даний ефект виникає тільки при низькому русі робочого середовища (повітряного та водного), проте робочий стан НПБП якраз і полягає у утриманні об'єкта на місці шляхом повільного підрулювання всіма АГРК і саме при роботі цих об'єктів цей ефект виникає найчастіше.

Потік рідини, що піднімається, який створюється гвинтом зміщує також і його самого, і під дією цієї сили в АГРК виникають процеси, що призводять до підвищеного зносу дейдвудного, опорного і завзятих підшипників. Виробникам АГРК відома ця ситуація, що призводить до зменшення періоду технічного обслуговування, проте на даний момент протидія проводиться шляхом внесення в конструкцію АГРК кута нахилу, що спочатку відхиляє потік, що проходить [4]. Іншим способом, що застосовується для боротьби з виникненням цього ефекту, є механічні насадки на гвинт, що також відхиляють потік рідини. Також порушити виникнення можна шляхом збільшення швидкості потоку (швидкості руху), проте у зв'язку з вимогою підтримки НПБП на одній точці це зробити неможливо.

Проте всі ці заходи носять загальний запобіжний характер і не дозволяють боротися з настанням цього ефекту у зв'язку з неможливістю відстеження у реальному часу його виникнення. Проведені дослідження [5] дозволили розро-

бити комп'ютерну систему фіксації моменту виникнення даного ефекту. Найпростішим рішенням є застосування АГРК із змінним кутом пера балера. Однак її застосування призведе до дорогих капіталовкладень. Потрібно мінімізувати втрати під час модернізації морського об'єкта.

На відміну від кораблебудування в авіації, цей ефект давно відомий, досліджується і використовується [6 – 8]. На основі даного ефекту побудовані деякі типи літаків (Boeing YC-14, QSRA, Boeing C-14, Ан-72 та Ан-74), вертольотів (MD 520N, MD 600N, MD Explorer) і навіть у машинобудуванні цей ефект застосовується під час проектування деяких деталей автомобілів (McLaren MP4-28, Red Bull RB8).

Виходячи з цього була висловлена наукова гіпотеза, що змішуванням цих двох середовищ (повітряної і водної) можна домогтися того, що ефект Коанда виникатиме при різних швидкостях робочого середовища. Для цього потрібно організувати систему подачі повітря до гребного гвинта. Повітря, що проходить повз гребний гвинт і змішане з рідиною, утворює у воді мікробульбашки і бульбашки з високою швидкістю.

Принцип дії аерації лопатей заснований на порушенні струминного обтікання поверхні лопаті гребного гвинта, що засмоктує. Повітряна подушка створюється шляхом подачі повітря через повітропроводи на розподільний пристрій, встановлений на маточині гребного гвинта [9]. Більш того, в системах Azipod компанії АВВ як робоче тіло в системі охолодження електродвигуна гребного гвинта використовується повітряна суміш з блоком управління подачі повітря [4], що спростить підведення повітря до лопат гребного гвинта.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Прогноз економічного і соціального розвитку України на 2022 – 2024 роки. Міністерство економіки України. Департамент стратегічного планування та макроекономічного прогнозування, травень 2021. : веб-сайт. URL: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiv98qVu772AhVNIYsKHZqLAyoQFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.me.gov.ua%2FFiles%2FGetFile%3Flang%3Duk-UA%26fileId%3D623f138f-c267-4ae7-af07-64f0ec6646a9&usq=AOvVaw0dw_7pNku7VOaLxlQK8C-P (дата звернення 12.03.2022).
2. Плавуча нафтова платформа. Морський видобуток нафти. : веб-сайт. URL: <https://tkpanel.ru/uk/device/plavuchaya-neftyanaya-platforma-morskaya-dobycha-nefti/> (дата звернення 12.03.2022).
3. Особенности морской добычи нефти и газа. : веб-сайт. URL: <https://neftok.ru/dobycha-razvedka/morskaya-dobycha-nefti-i-gaza.html> (дата звернення 12.03.2022).
4. Системы Azipod® VI и ICE. Обзор. : веб-сайт. URL: https://new.abb.com/docs/librariesprovider55/default-document-library/%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%8B-azipod-vi-%D0%B8-ice_final.pdf?sfvrsn=a383a116_2 (дата звернення 12.03.2022).

5. Хнюнін С.Г. Моделі, методи та засоби створення комп'ютерної системи визначення ефекту Коанда на базі п'єзоперетворювачів: дис. ... канд. техн. наук : 05.13.05 / Хнюнін Сергій Герогійович. – Миколаїв, 2017. – 156 с.
6. Coanda, H., US Patent n. 1,104,963 “Improvement in Propellers”, 1911, USA.
7. Mason, M. S., and Crowther, W. J., “Fluidic Thrust Vectoring of Low Observable Aircraft,” CEAS Aerospace Aerodynamic Research Conference, June 2002.
8. Chang, T. L., A. Rachman, H. M. Tsai and G. C. Zha (2009). Flow Control of an Airfoil via Injection and Suction. *Journal of Aircraft* 46(1), 291 – 300.
9. Sharatov A. S., Gorbenko A. N. Improvement of mooring tests of main engine running to fixed pitch propeller. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies*, 2021. – № 2. – С. 32 – 42. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-1574-2021-2-32-42.

ДВИГУНИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ

УДК 621.43.05

Мадей В.В.

Національний університет «Одеська морська академія»

Визначення раціональних режимів роботи суднових дизелів під час використання палив ненафтового походження

Поступове виснаження Світових запасів нафти та очікуване з цим зменшення виробництво кількості палива нафтового походження, змушує до всебічного використання палив ненафтового походження. Додатковим поштовхом для цього є сучасні вимоги до забезпечення екологічних показників роботи теплових двигунів та до зменшення кількості вуглецевих палив. Перелічене вище сприяє розвитку альтернативної енергетики та виробництву палив, горючу частину яких складає рослинна сировина. Саме такі палива (так звані палива біологічного походження, або біопалива) на сьогодні впроваджуються в теплову енергетику, в тому числі суднову [1].

Використання біопалива в суднових двигунах внутрішнього згоряння має деякі особливості, що пов'язані з необхідністю враховувати можливість поповнення запасів біопалива (бункеровка суден може здійснюватися в портах, які не передбачають його постачання або збереження); неспроможність суднових паливних систем до використання такого палива (що викликає необхідність виконання додаткових робіт щодо зміни їх конструкцій, які потребують узгодження з кваліфікаційними товариствами). Також необхідно визначити, що використання тільки біопалива для забезпечення робочого циклу суднового дизеля неможливе (передусім через його низьку теплотворну здатність, та пов'язане з цим зменшення крутного моменту та збільшення втрат корисної потужності) [2]. Проте паливні суміші, що складаються з палива нафтового походження (як основного компонента) і біопалива з концентрацією до 20 ... 25 % (як домішки) отримали впровадження в судновій енергетиці. До труднощів, що виникають під час використання біопалива, також відноситься широкий діапазон експлуатаційних режимів роботи дизелів та численні варіанти складу паливних суміші.

Визначення раціональних режимів роботи суднових дизелів під час використання суміші з нафтового палива та біопалива необхідно виконувати за умовою забезпечення їх економічності та екологічності роботи. У зв'язку з більш низькою (в порівнянні з нафтовим) теплотворною здатністю біопалива під час його використання збільшується питома витрата палива, тобто зменшує економічність. Одночасно з цим, використання біопалива призводить до зменшення концентрації оксидів азоту NO_x та оксидів вуглецю CO в випускних газах (ВГ) дизеля, тобто збільшує екологічність [3].

З урахуванням викладеного, дослідження виконувались на спеціалізованому судні дедвейтом 10820 тонн, що здійснювало короткочасні (протягом 4 ... 6 днів) переходи між портами, в яких буда передбачена можливість поповнення

запасів біопалива. Як таке використовувалось біопаливо B99.9 FAME, що складається з 99,9 % біодизельного палива та 0,1 % дизельного палива класу Ultra-Low Sulfur Diesel fuel (з наднизьким вмістом сірки $S=0,03\%$). Як паливо нафтового походження використовувалось паливо DMB, що рекомендовано для середньообертових дизелів, які виконують функції допоміжних двигунів. Вміст біопалива в паливній суміші змінювався в межах 5 ... 20 % від загального об'єму. Дослідження виконувалися на суднових дизелях 5DC-17A Tier II Daihatsu Diesel з наступними основними характеристиками:

діаметр циліндра – $d=0,17$ м;

хід поршня – $s=0,27$ м;

частота обертання – $n=1000$ хв⁻¹;

номінальна потужність – $N_{\text{еном}}=490$ кВт;

кількість циліндрів – $i_{\text{ц}}=5$,

що у кількості трьох штук входили до складу суднової допоміжної енергетичної установки. Паливна цистерна одного з дизелів не змінювалась та цей дизель експлуатувався на паливі DMB (з в'язкістю 8 сСт і вмістом сірки 0,08 %) та вважався «контрольним». До паливних систем двох інших дизелів додатково встановлювалось обладнання, що дозволяло використовувати в них біопаливо [4].

Метою дослідження було визначення впливу біопалива на економічні та екологічні показники роботи суднового дизеля. Критерієм економічності роботи дизеля була обрана питома ефективна витрата палива b_e . Як екологічні показники роботи суднових дизелів приймалися концентрація оксидів азоту C_{NO_x} та об'ємний вміст оксиду вуглецю C_{CO} в ВГ.

Під час проведення дослідження для забезпечення споживачів енергією експлуатувався «контрольний» дизель (що використовував паливо DMB) та один, або два інших (в яких використовувалась суміш палива DMB та біопалива). Дизелі, на яких виконувалися експериментальні дослідження, забезпечували потужністю постійні групи споживачів. При цьому (залежно від досліджуваних режимів) їх потужність становила 270 кВт, 320 кВт, 365 кВт, 415 кВт, що відповідало навантаженню $0,55N_{\text{еном}}$, $0,65N_{\text{еном}}$, $0,75N_{\text{еном}}$, $0,85N_{\text{еном}}$. Похибка в навантаженні під час переходу дизеля з одного сталого режиму до іншого не перевищувала $\pm 1,5\%$.

Перед початком проведення експерименту всі дизелі мали порівняний моторесурс паливної апаратури, деталей циліндрової групи, підшипників руху, а також однаковий технічний стан. У випадку зміні кількості споживачів енергії та їх потужності необхідне навантаження перерозподілялося на дизелі, що не задіяні в експерименті, при цьому дизель, на якому проводилися дослідження, експлуатувався на постійному навантаженні. Крім того, під час проведення експерименту на дизелі підтримувалися постійні температурні режими в системах змащування та охолодження. Під час проведення експерименту дизель протягом 1,0 ... 1,5 годин працював на постійному навантаженні протягом яких виконувалось вимірювання основних параметрів і усереднення отриманих значень. Це забезпечувало коректність проведення досліджень і можливість

зіставлення вимірів, виконаних на різних дизелях. У зв'язку з великим часом проведення експерименту інерційність вимірювання витрати газів повністю нівелювалася і не впливала на результати. За таких умов також постійною можливо вважати концентрації CO та NO_x в ВГ.

Відносні зміни концентрації оксидів азоту ΔNO_x та об'ємного вмісту оксиду вуглецю ΔCO в ВГ, а також питомої ефективної витрати палива Δb_e розраховувались за виразами

$$\Delta NO_x = \frac{NO_x^{DMB} - NO_x^{bio}}{NO_x^{DMB}} \cdot 100\%, \quad \Delta CO = \frac{CO^{DMB} - CO^{bio}}{CO^{DMB}} \cdot 100\%, \quad \Delta b_e = \frac{b_e^{bio} - b_e^{DMB}}{b_e^{bio}} \cdot 100\%,$$

де NO_x^{DMB}, NO_x^{bio}, b_e^{DMB}, b_e^{bio} – концентрація оксиду азоту в випускних газах та питома ефективна витрата палива під час експлуатації дизеля на паливі DMB та біопаливі, г/(кВт·год);

CO^{DMB}, CO^{bio} – об'ємний вміст оксиду вуглецю в випускних газах під час експлуатації дизеля на паливі DMB та біопаливі, %.

Отримані значення узагальнені у таблиці 1, а також відображені на діаграмах, наведених на рис. 1.

Таблиця 1. Результати експерименту

Режим роботи дизеля	Вид палива			
	DMB+5 % біопалива	DMB+10 % біопалива	DMB+15 % біопалива	DMB+20 % біопалива
	відносне збільшення питомої ефективної витрати палива, %			
0,55N _{енорм}	1,92	3,37	4,81	8,17
0,65N _{енорм}	1,48	2,96	3,94	7,39
0,75N _{енорм}	1,52	2,53	4,04	7,07
0,85N _{енорм}	1,04	2,08	3,65	6,77
відносне зменшення концентрації оксидів азоту в ВГ, %				
0,55N _{енорм}	4,45	12,13	18,73	10,11
0,65N _{енорм}	6,13	13,41	21,07	12,64
0,75N _{енорм}	6,12	19,95	23,13	15,18
0,85N _{енорм}	6,35	23,83	24,31	15,21
відносне зменшення об'ємного вмісту оксиду вуглецю в ВГ, %				
0,55N _{енорм}	4,14	9,55	15,45	23,25
0,65N _{енорм}	4,83	10,75	15,73	24,14
0,75N _{енорм}	5,95	12,5	16,96	25,3
0,85N _{енорм}	5,99	13,14	17,81	25,4

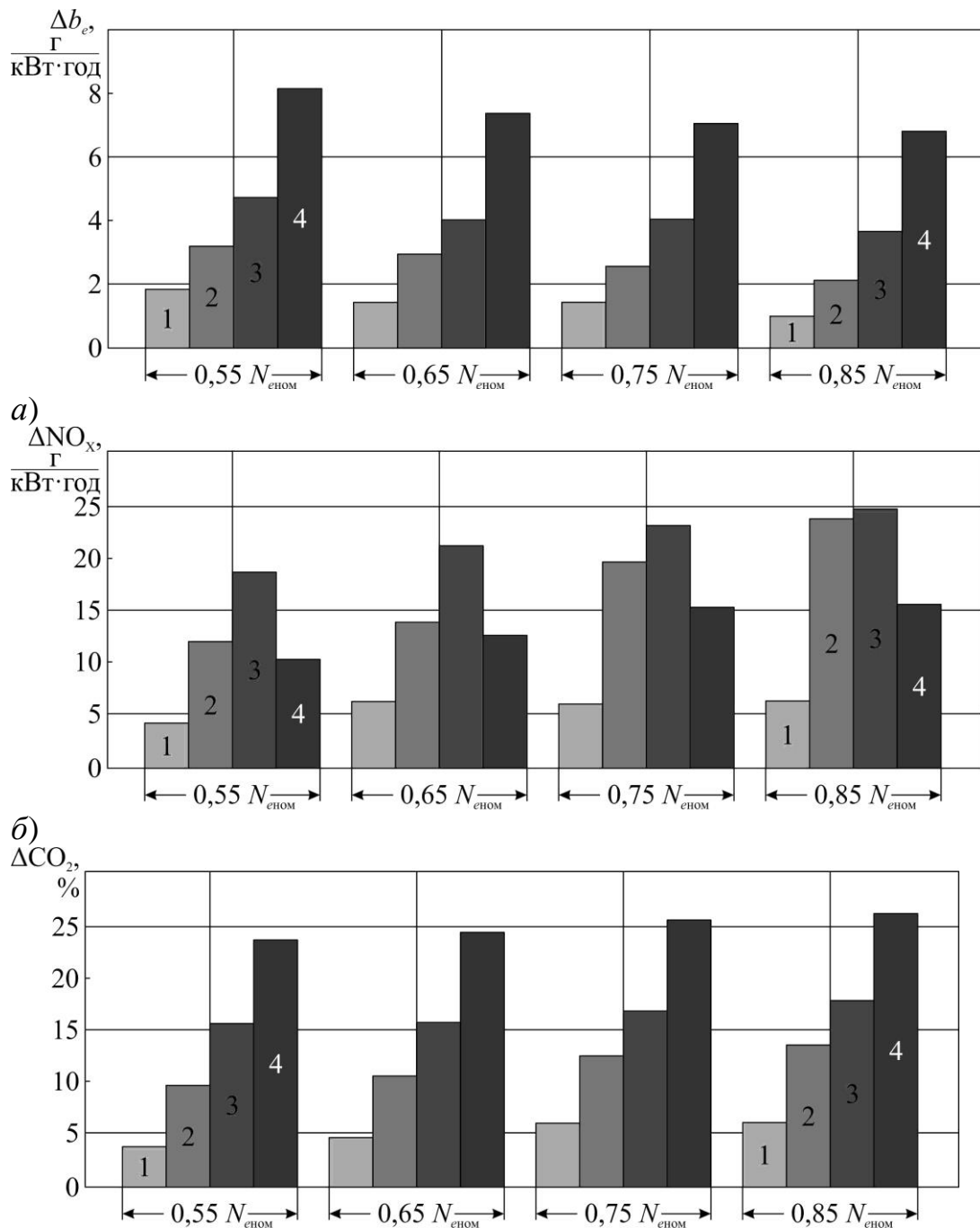


Рис. 1. Відносна зміна показників роботи дизеля 5DC-17A від навантаження під час використання палива різного складу:

а – збільшення питомої витрати палива; б – зменшення емісії оксидів азоту;

в – зменшення об'ємного вмісту оксиду вуглецю в випускних газах;

1 – DMB+5 % біопалива; 2 – DMB+10 % біопалива; 3 – DMB+15 % біопалива; 4 – DMB+20 % біопалива

Таким чином, випробуваннями, що виконувались на суднових середньообертових дизелях 5DC-17A Tier II Daihatsu Diesel в діапазоні їх експлуатаційних навантажень 55 ... 85 % з паливної сумішшю, яка включала 80 ... 95 % дизельного палива DMB та 5 ... 20 % біопалива B99.9 FAME, встановлено:

- на всьому діапазоні навантажень на вмісту біопалив в паливної суміші здійснюється збільшення питомої ефективної витрати палива; на експлуатацій-

них режимах, що відповідають 55 ... 65 % номінального навантаження та 5 ... 10 % вмісту біопалива в суміші це збільшення складає 1,92 ... 2,96 %, на режимах 75 ... 85 % навантаження та під час використання суміші з вмістом 15 ... 20 % біопалива збільшення витрати палива досягає 4,04 ... 6,67 %; найбільш за всього економічність роботи дизеля погіршується під час його експлуатації на навантаженнях 55 ... 65 % з 15 ... 20 % вмістом біопалива в суміші, за таких умов підвищення питомої ефективної витрати палива досягає 7,39 ... 8,17 %;

- під час експлуатації дизеля на діапазоні навантаженні 55 ... 85 % спостерігається зменшення емісії оксидів азоту, при цьому найбільший ефект (до 23,8 ... 24,3 %) відповідає 10 ... 15 % вмісту біопалива в суміші; з зростанням вмісту біопалива в складі суміші до 20 % зниження емісії оксидів азоту знаходиться в діапазоні 10,1 ... 15,2 %;
- використання біопалива сприяє зменшенню об'ємної концентрації оксиду вуглецю у випускних газах; найбільша ефективність при цьому відповідає навантаженню 75 ... 85 % та використання паливної суміші, що містить 20 % біопалива, за таких умов зниження концентрації оксиду вуглецю досягає 25,4 %; додатково визначимо, що це сприяє підвищенню енергетичної ефективності морських суден.

Склад паливної суміші, що містить біопаливо, доцільно визначати для кожного навантаження дизеля з урахуванням його екологічних (насамперед емісії оксидів азоту та об'ємної концентрації оксиду вуглецю у випускних газах), а також економічних показників роботи суднового дизеля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Madey V. V. Usage of biodiesel in marine diesel engines // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. Scientific journal. – 2021. – № 7–8 (July – August). – P. 18-21. <https://doi.org/10.29013/AJT-21-7.8-18-21>.
2. Sagin S., Madey V., Stoliaryk T. Analysis of mechanical energy losses in marine diesels // Technology Audit and Production Reserves. – 2021. – № 5 (2 (61)). – P. 26-32. doi: <http://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.239698>.
3. Мадей В. В. Використання альтернативного палива в суднових середньообертових дизелях // Суднові енергетичні установки: науково-технічний збірник. Вип. 43. – Одеса: НУ «ОМА». – 2021. – С. 45 - 53. doi: 10.31653/smf343.2021.41-53.
4. Сагін С.В., Мадей В.В., Сагін А.С. Робота суднового дизеля на біодизельному паливі // Автоматизація суднових технічних засобів : наук. -техн. зб. – 2021. – Вип. 27. – Одеса : НУ «ОМА». – С. 93 - 107. DOI: 10.31653/1819-3293-2021-1-27-93-107.

Забезпечення енергетичної ефективності суден відповідно новітнім вимогам Додатку VI МАРПОЛ

Міжнародна морська організація ІМО 17 червня 2021 року прийняла рішення щодо введення поправок до Додатку VI МАРПОЛ на 76-й сесії МЕРС. Були впроваджені пункти правил 23 і 25 щодо введення Індексу ефективності існуючих суден (Energy Efficiency Existing Ship Index – EEXI). Також впроваджено пункт правил 28 щодо введення Індикатора вуглецевої місткості (Carbon Intensity Indicator – CII) за допомогою якого будуть стежити за рівнем викидів вуглецю та контролювати подальше його зменшення.

Усі судна повинні розрахувати індекс EEXI та внести зміни до суднового плану енергоефективності (Ship Energy Efficiency Management Plan – SEEMP), продемонструвати результати відповідності на наступному класифікаційному огляді судна для отримання Міжнародного сертифіката запобігання забруднення повітря (International Air Pollution Prevention Certificate – IAPPC) або початковому огляді перед введенням судна в експлуатацію для отримання Міжнародного сертифікату енергоефективності (International Energy Efficiency Certificate – IEEC) [1, 2].

Таким чином, безпосередня увага має бути зосереджена на виконанні розрахунків EEXI та покращень екологічних характеристик використання суден якщо розрахунковий індекс буде вище за допустимі норми. Як розрахункову формулу запропоновано

$$EEXI = \frac{SFOC_{ME} \times CF_{MDO} \times P_{ME} + SFOC_{AE} \times CF_{MDO} \times P_{AE}}{DWT \times F_{iccr} \times V},$$

де $SFOC_{ME/AE}$ – питома витрата палива, г/(кВт·год);

CF_{MDO} – відносна кількість CO₂, тонн CO₂/тонну палива;

$P_{ME/AE}$ – потужність двигуна, кВт;

DWT – дедвейт судна, тонн

V – розрахункова швидкість судна, вузли

Для прикладу розглянемо контейнеровоз з дедвейтом 206117 тонн з наступними показниками:

$SFOC_{ME}$ – 173,56 г/(кВт год) для головного двигуна на 75% потужності;

CF_{MDO} – 3,206 тонн CO₂/тонну палива фіксоване значення для дизельного палива;

P_{ME} – 17949 кВт для головного двигуна на 75% потужності

P_{AE} – 716,5 кВт для допоміжних двигуна на 50% потужності;

$SFOC_{ME}$ – 220 г/(кВт год) для допоміжних двигуна на 50% потужності;

V – 16,6 вузлів [3].

Отримуємо наступний результат

$$EEXI = \frac{173,56 \times 3,206 \times 17949 + 220 \times 3,206 \times 716,5}{206117 \times 1 \times 16,6} = 3,06.$$

Потрібно зазначити що індекс EEXI в даному випадку 3,06 вимірюється в $\text{гСО}_2/(\text{морська миля} \times \text{тонну}) - \text{гСО}_2/(\text{nm} \times \text{t})$. Отриманий проказник менше за регламентований для даного типу судна та його дедвейту що розраховується відповідно типу судна та дорівнює 7,45 $\text{гСО}_2/(\text{nm} \times \text{t})$.

Розрахований показник EEXI потрібно зіставити з рекомендованими значення що змінюються для типу суден та його дедвейту, та у випадку перевищення розрахованого показника потрібно впроваджувати дії та засоби для зменшення на сам перед витрати палива [4].

Індекс EEXI необхідно окремо розраховувати для кожного судна. Він вказуватиме на енергоефективність судна, порівняно з рекомендованим показником. Зазначимо, що судна повинні відповідати конкретному необхідному індексу EEXI, який ґрунтується на коефіцієнті зниження (вираженому по відношенню до базового індексу EEDI).

Окрім показники оцінки енергоефективності EEXI; впроваджують експлуатаційні вимоги до зниження викидів на основі нового індикатора вуглецевої місткості СІІ. Подвійний підхід впровадження EEXI та СІІ спрямований на розв'язання технічних завдань, що регулюється EEXI, та експлуатаційних заходів, що забезпечуються СІІ.

Експлуатаційні заходи реалізовані через рейтингову схему застосування коефіцієнта вуглецевої інтенсивності СІІ та вдосконалений План управління енергоефективністю SEEMP, який враховує фактичне споживання палива та пройденої відстані на судах конкретних типів валової місткістю 5000 та більше, що здійснюють міжнародні рейси. Не пізніше 1 січня 2023 року на борту таких суден має бути доопрацьований SEEMP.

На підставі отриманих даних щодо витрати палива необхідно визначити досягнутий судном рівень СІІ за календарний рік, починаючи з 2023 року, та порівняти його з необхідним річним експлуатаційним СІІ що рекомендовано.

Досягнутий фактичний річний індикатор СІІ має бути зафіксований у документах для порівняння з початкова розрахованим показником СІІ. Це дозволило б визначити рейтинг вуглецевої місткості судна. Планується, що він надаватиметься за шкалою А, В, С, D або Е, де А – найвищий рейтинг ефективності, а Е – найнижчий. Рівень ефективності буде зафіксовано у плані управління енергоефективністю. Судно, що має рейтинг D або Е протягом трьох років поспіль, має надати план коригувальних дій, щоб показати, як буде досягнуто необхідного індексу (С або вище).

Розрахунок індексів EEXI і СІІ повинно бути проведено класифікаційним товариством або сертифікованою компанією. Після проведення розрахунків на основі показників кожного судна та технічних характеристик головної пропульсивної установки видається технічний файл засвідчення класифікаційним товариством [5].

Для отримання сертифікатів про відповідність судновласник спільно з класифікаційним товариством повинні зробити наступні кроки:

- розгляд технічного файлу EEXI (з розрахунками індексу EEXI);
- розгляд судового керівництва з обмеження потужності;
- огляд судна із заміною Міжнародного свідоцтва про енергоефективність;
- розгляд SEEMP на відповідність новим вимогам МАРПОЛ;
- визначення СІІ та видача відповідного посвідчення.

Враховуючи всі вимоги щодо ведення відповідних норм всі судна повинні провести розрахунок EEXI та СІІ. Після проведення розрахунків у разі якщо індекси відповідає прийнятим нормам дій для поліпшення екологічних характеристик не потрібно, проте необхідно підтримувати судно та пропульсивну установку в належному технічному стані для відповідності індексу надалі. Однак якщо розрахункові індекси не відповідають прийнятим нормам необхідно прийняти низку технічних рішень для покращення екологічного судна наперед обмеження витрати палива на пройдену миль та кількість перевезеного вантажу надалі ІМО видасть кілька рекомендацій, де точно вкаже необхідні шляхи для покращення екологічності суден та зменшення викидів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Побережний Р.В., Сагін С.В. Забезпечення екологічних показників дизелів суден річкового та морського транспорту // Суднові енергетичні установки: науково-технічний збірник. Вип. 41. – Одеса: НУ «ОМА». – 2020. – С. 5-9. DOI : 10.31653/smf340.2020.5-9.

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

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

4. Kuropyatnyk O.A., Sagin S.V. Exhaust Gas Recirculation as a Major Technique Designed to Reduce NOx Emissions from Marine Diesel Engines // Naše more: International Journal of Maritime Science & Technology. – 2019. – Vol. 66. – Iss. 1. – P. 1-9. <https://doi.org/10.17818/NM/2019/1.1>.

5. Сагін С.В., Мадей В.В., Сагін А.С. Робота судового дизеля на біодизельному паливі // Автоматизація судових технічних засобів : наук. -техн. зб. – 2021. – Вип. 27. – Одеса : НУ «ОМА». – С. 93 - 107. DOI: 10.31653/1819-3293-2021-1-27-93-107.

Аналіз особливостей систем циліндрового мащення суднових дизелів

Моторні мастила, що використовуються в двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ) суден морського та внутрішнього водного транспорту, найбільшою мірою леговані присадками і відрізняються великим запасом якості за своїм первинним властивостям. Середній вміст присадок в суднових мастилах в кілька разів перевищує цей показник моторних мастил, що застосовуються в інших сферах техніки [1]. Це пов'язано в першу чергу зі специфікою суднової техніки, високими робочими параметрами, застосуванням в головних і допоміжних двигунах палив з високою в'язкістю, що обумовлює виключно високий рівень вимог до властивостей мастил [2]. Дуже важливими представляються питання, пов'язані з кваліфікованою оцінкою експлуатаційних властивостей суднових моторних мастил. Використання досвіду, а також результатів експлуатації і випробувань мастил дозволяє внести певний внесок у подальший розвиток методів оцінки моторних якостей мастил суднового призначення [3].

Метою дослідження була оцінка експлуатаційних характеристик моторних мастил, що використовуються в системах мащення циліндропоршневої групи (ЦПГ) суднових ДВЗ [4].

Аналіз сучасних тенденцій розвитку суднових малообертових дизелів (МОД) – саме в них для забезпечення мащення ЦПГ використовується спеціальна система та спеціальні мастила – показує, що для забезпечення необхідної довговічності і надійності сучасних двигунів, до циліндрового мастила висуваються особливі вимоги, багато в чому більш жорсткі, ніж ті, які висувалися для систем мащення інших дизелів (середньообертових та високообертових). Зокрема, вимоги до забезпечення плинності мастила та його здатності покривати тонкою плівкою всю поверхню дзеркала циліндрової втулки, а також рівномірність розподілу мастила по втулці циліндра. Одним з найважливіших завдань є забезпечення товщини і міцності мастильної плівки в умовах низьких швидкостей поршня, наприклад, при русі суден на економічних ходах, що досить широко поширене в сучасному судноплаванні.

Висока потужність, яка припадає на одиницю робочого об'єму циліндрів сучасних МОД, дає велике тепловиділення, значна частка якого сприймається мастильною плівкою. При недостатній термічній і окислювальній стабільності мастила створюються передумови для підвищення утворення нагарів в зоні поршневих кілець, що знижує ресурс ЦПГ. Тому мастило повинне мати достатній ступень детергентності (миючих властивостей) і високу термоокислювальну стабільність. Таким чином, якісний стрибок у розвитку суднових ДВЗ, безпосереднім чином вплинув на зміну вимог до циліндрових мастил і висунув завдання створення нового покоління мастил, що відповідає їм [5].

Суднові МОД і системи обробки палива сучасних суден модифіковані на застосування надважких палив з в'язкістю до 750 сСт при 50 °С і густиною до 1010 кг/м³. Особливості умов роботи циліндрового мастила на поверхні дета-

лей ЦПГ при використанні палив з високою в'язкістю та густиною визначаються більш тривалим згорянням палива на лінії розширення, високим ступенем термічного впливу на мастильну плівку, попаданням на її поверхню великої кількості сажі в результаті неповноти згоряння, потрапляння крапельок незгорілого палива в плівку через збільшення дальності розпилення палива великої густини. Такий процес змішування частинок, що знаходяться на поверхні циліндра, чинить негативний вплив на змащувальні властивості мастила, сприяє зниженню його термічної і термоокислювальної стабільності [6, 7].

Використання важких і надважких палив в крейцкопфних дизелях зумовлює посилення вимог до ряду властивостей циліндрового мастила. Перш за все, це стосується забезпечення нейтралізуючої здатності, високої термоокислювальної стабільності та антинагарних властивостей мастила. Конструктивне вдосконалення МОД та посилення умов їх експлуатації формують основні вимоги, що висуваються до циліндрових мастил нового покоління:

мастило має володіти відповідною в'язкістю для забезпечення достатньої мастильної здатності при високих робочих температурах і в той же час швидко розтікатися по повертям, що труться;

створювати ефективне ущільнення між поршневими кільцями і втулкою циліндра;

знижувати до мінімальної величини тертя ковзання і забезпечувати високі антифрикційні властивості;

нейтралізувати сильні мінеральні кислоти, які утворюються під час спалювання палива, що містить сірку;

запобігати утворенню нагару в зоні поршневих кілець, вікнах втулки циліндра, на клапанах газорозподілу і забезпечувати рухливість кілець в процесі тривалої експлуатації;

спалюватися в циліндрі, залишаючи якомога менше нагару можливо більш м'якої консистенції.

Таким чином, форсування суднових дизелів по циліндровій потужності призводить до підвищення теплової та механічної напруженості як деталей циліндро-поршневої групи, так і елементів кривошипно-шатунного механізму і колінчастого вала. Все це ускладнює умови роботи мастильного матеріалу, що знаходиться на поверхнях тертя. Для підтримання експлуатаційних характеристик суднових моторних мастил їх легірують спеціальними хімічними речовинами, що забезпечують підвищені термоокислювальну і протизносні властивості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Sagin S., Madey V., Stoliaryk T. Analysis of mechanical energy losses in marine diesels // Technology Audit and Production Reserves. – 2021. – № 5 (2 (61)). – P. 26-32.doi: <http://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.239698>.
2. Sagin S. V., Kuropyatnyk O. A., Zablotskyi Yu. V. Gaichenia O. V. Supplying of Marine Diesel Engine Ecological Parameters // OUR SEA : International

Journal of Maritime Science & Technology. – 2022.– Vol.69. – Iss.1. – P. 53-61. DOI 10.17818/NM/2022/1.7

3. Сагін С.В., Столярик Т.О. Динаміка суднових дизелів під час використання моторних мастил з різними структурними характеристиками // Автоматизація суднових технічних засобів : наук. -техн. зб. – 2021. – Вип. 27. – Одеса : НУ «ОМА». – С. 108 - 119. DOI: 10.31653/1819-3293-2021-1-27-108-119.

4. Sagin S. V., Stoliaryk T. O. Comparative assessment of marine diesel engine oils // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. Scientific journal. – 2021. – № 7-8 (July – August). – P. 29-35. <https://doi.org/10.29013/AJT-21-7.8-29-35>.

5. Заблоцький Ю.В. Підвищення паливної економичності суднових дизельних установок // Вісник Одеськ. нац. морск. ун-ту. : зб. наук. праць. – 2020. – № 2(62). – С. 106 - 119. DOI 10.47049/2226-1893-2020-1-106-119.

6. Sagin S.V. Improving the performance parameters of systems fluids // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, Vienna-2018. – № 7-8 (July-August). – P. 55 - 59. doi.org/10.29013/AJT-18-7.8-55-59.

7. Сагин С. В. Определение диапазона стратификации вязкости смазочного материала в трибологических системах судовых дизелей // Вісник Одеськ. нац. морск. ун-ту. : зб. наук. праць. – 2019. – Вип. 1(58). – С. 89 - 101.

УДК 629.426

Аболешкін С.Є., Кардашев Д.Л., Веретеннік О.М.

Національний університет «Одеська морська академія»

Вплив нерівномірності навантаження по циліндрах на коливальний стан суднового валопровода

На початок 90-х років на вітчизняному флоті в основі організації технічного обслуговування домінувала система безперервного технічного обслуговування (ТО) і ремонту суднових технічних засобів, а саме метод «Превентивне технічне обслуговування» (Preventive maintenance) або обслуговування за планом ремонту суднових технічних засобів. Основним керівним документом в цій системі був звідний графік ТО і ремонту на увесь нормативний термін служби, що складається з декількох експлуатаційно-ремонтних періодів і ремонтних циклів для силових установок їх систем і приводів, який визначав щомісячні, щорічні і щоденні ТО (ТО № 1, 2, 3, 4 і т. д.), ґрунтовані на діях план-графіка.

Для головних суднових дизельних установок (СДУ) за період (періодичність) ТО або ремонту приймався інтервал часу між двома послідовними видами технічного обслуговування або ремонту будь-якого елементу СДУ. На підставі звітів по ТО в пароплавствах проводився систематичний збір даних по відмовах елементів СДУ, які доводилися до відома виготівників з метою поліпшення виробів і коригування системи ТО на судах.

Але вже з середини 90-х років значна частина флоту невеликих компаній почала переходити на систему технічної експлуатації(ТЕ), в основу якої була

покладена концепція «Управління технічним станом суднового устаткування виключно по фактичному стану» (Predictive maintenance).

Не виключаючи певну прогресивність цього напрямку слід зазначити, що із за прагнення судновласників скоротити витрати в умовах жорсткої конкуренції і їх обмежених фінансових можливостей і для підтримки флоту в належному технічному стані об'єм профілактичних робіт, що проводяться, часто зводився до мінімуму.

З метою виключення цих наслідків і надійного впровадження системи для забезпечення безпеки судна рекомендується [3] застосувати метод (інструмент) формальної оцінки безпеки, затверджений в 2002 р. Комітетом з безпеки на морі(MSC) і комітетом із захисту довкілля (MERC)[3].

Інструмент ФОБ (FSA) ґрунтований на завчасних діях і є структурованим методом, що дозволяє визначити потенційно небезпечні ситуації заздалегідь, до виникнення аварії з тим, щоб після цього оцінити величину ризику, провести оцінку витрат і вигод, пов'язаних із застосуванням можливих варіантів управління ризиками і, на підставі систематизованого аналізу, прийняти обґрунтовані рішення по зниженню величини ризику. Початковою базою до застосування ФОБ являється аналіз комплексу параметрів надійності роботи механізму за певний період експлуатації і прогнозу на планований період з урахуванням вже виробленого(залишкового) його ресурсу.

У зв'язку із цим є доцільним змодельовати як відбивається зниження максимального тиску в циліндрах на розвитку крутильних коливань суднового валопроводу. За приклад було взято головний двигун KAWASAKI-MAN B&W 7S60MC-C7 встановлений на автомобілевозі «DELHI HIGHWAY».

Таблиця 1- Характеристики валопроводу [3]

№ маси	Найменування зосередженої маси	Момент інерції маси, кг*м ²	Жорст- кість ділян- ки, МНм/рад	Діаметр ділянки валоп- роводу зовн/внутр., мм
1	Фланець	546.00	1639.40	720.0/150.0
2	Циліндр № 1	11447.00	1404.50	720.0/150.0
3	Циліндр № 2	11447.00	1459.80	720.0/150.0
4	Циліндр № 3	11447.00	1351.40	720.0/150.0
5	Циліндр № 4	11447.00	1353.20	720.0/150.0
6	Циліндр № 5	11447.00	1457.70	720.0/150.0
7	Циліндр № 6	11447.00	1499.20	720.0/150.0
8	Циліндр № 7	11447.00	1901.10	720.0/150.0
9	Привід ГРМ	3608.00	2739.70	720.0/150.0
10	Маховик	6337.00	51.60	485.0/0.0
11	Фланець	513.00	160.90	590/0.0
12	ГФК	79613.70	---	---

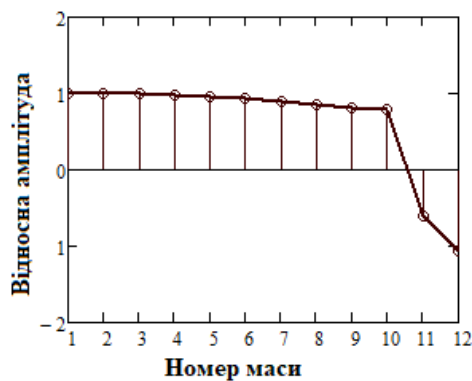
Розрахунок розвитку крутильних коливань валопроводу для порядку спалахів в циліндрах 1-7-2-5-4-3-6, із використанням даних табл. 1 [3], проводився програмним комплексом TORS_VIBR.

На рис. 1 приведені вектори коливальних станів мас валопроводу та наведені результати розрахунку сумарних напружень на найбільш напружених ділянках валопроводу в залежності від частоти обертання колінчатого вала для: а) одновузлової форми коливань з частотою 280 кол/хв. (найбільш напружена ділянка – проміжний вал між 10-ю та 11-ю масами); б) двохвузлової форми коливань з частотою 1349,2 кол/хв. (найбільш напружена ділянка колінчастого вала головного двигуна між п'ятим та шостим циліндрами).

Затемненням кольором виділені зони критичних обертів: 35- 43 об/хв. та 85-98 об/хв. Червоною кривою відбито границю допускаємих напружень τ_1 , крапками – границю допустимих максимальних напружень τ_2 .

В якості прикладу була змодельована ситуація зниження максимального тиску в сьомому циліндрі на 10%. Коливання одновузлової форми збільшують амплітуду (синій штрих пунктир, рис а)), в той же час амплітуда двохвузлової форми зменшується (блакитний пунктир, рис б)).

а) Одновузлова форма коливань
($N_1=280$ кол/хв)



б) Двохвузлова форма коливань
($N_2=1349,2$ кол/хв)

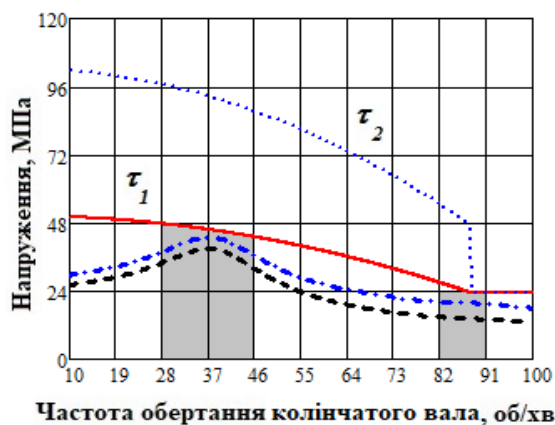
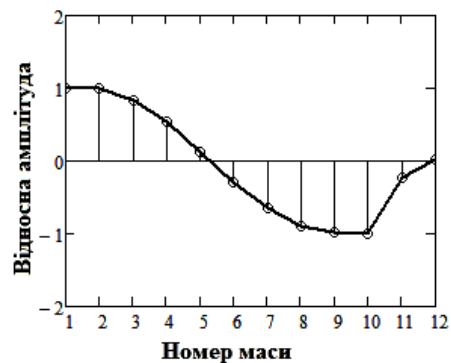


Рисунок 1 - Вектори коливальних станів для двох форм коливань та напруження на найбільш напружених ділянках валопроводу

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Васильев Б.В., Ханин С.М. Надежность судовых дизелей//М.: Транспорт, 1989. – 184 с.
2. Бондарь С.А. Обеспечение надежности работы судовых дизелей путем корректирования остаточного ресурса работы. Автоматизация судовых технических средств// Одесса, 2013.-Вып.19.С.18-22
3. MAN B&W Final drawing for main engine/Engine Development & Engineering dep't, Doc. № A14-285713-7.1, 2010, p.1-9.

УДК 621.426

Малахов О.В., Колегаев М.О., Кіріс О.В., Маслов І.З., Побережний Р.В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Гідромеханічні особливості взаємодії багатофазних потоків з обтічниками

При русі обмеженого потоку поблизу тіла, що обтікає, завжди спостерігається відмінність у характері його поведінки залежно кількості, а також від виду присутніх у ньому фаз. Якщо в потоці, що рухається, присутня додаткова тверда фаза, то при великих значеннях чисел Рейнольдса рухомого багатофазного середовища будуть спостерігатися ефекти, які ніколи не виявляються в однорідному потоці.

Що стосується процесу підготовки палива з використанням обтічників, були розглянуті деякі з цих гідродинамічних ефектів. Вважалося, що потік є двофазним і за агрегатним станом складових, які входять до нього, може бути розділений на три типи: "рідина-рідина", "рідина-тверді включення" або "рідина-газ". Збільшення кількості фаз не є принциповим питанням, оскільки гідродинамічні ефекти, що виникають, виявляються без змін при будь-якій їх кількості, а остаточно картина руху завжди буде залишатися постійною.

Як перший характерний приклад особливим чином слід виділити кавітаційні режими руху обмеженого потоку поблизу обтічника. Крім того, що перша стадія зародження кавітації завжди викликається нерівномірно розподіленою шорсткістю поверхні самого обтічника, генератором перших парових або газових включень у потоці можуть бути безпосередньо тверді частинки іншої фази. У разі коли чисельне значення величини тиску рухомого потоку поблизу тіла зменшується до того рівня, який знаходяться нижче величини, що відповідає тиску насичених парів, присутні в потоці тверді частинки починають виділяти газові (повітряні) включення. Такі газові включення неминуче присутні у парах. Початкова поява таких газових включень у потоці призводить до генерування газопарових ядер кавітації, розмір яких може перебувати в межах від 15 до 178 мк. Наведений приклад є наочною демонстрацією принципової відмінності причин зародження першої стадії кавітації порівняно з випадком руху простого однофазного потоку поблизу тіла, що обтікається.

Другим характерним прикладом є потік, що складається з двох рідин, що не змішуються. У цьому випадку межа розділу між ними навіть на мікронному

рівні по всьому живому перерізу потоку, а особливо поблизу бічної поверхні обтіканого тіла буде призводити до виникнення додаткових зсувних напруг. У тій частині простору, де відповідні доданки повного тензора напруг будуть набувати максимальних чисельних значень, Лапласовий тиск що виникає і різко збільшується незмінно призведе до утворення вихрових структур. У цьому випадку вже на молекулярному рівні розпочнеться процес зародження ядер кавітації. Зазвичай у парових включеннях сферичної форми всередині оболонки, що генеруються, завжди містяться пари тільки тієї рідини, яка має більш високе значення величини тиску насичених пар. У даному випадку паливопідготовки такою рідиною завжди буде паливо яке легше. Поверхня, яка обмежує кавітаційну одиничну каверну, складатиметься з тонкої плівки, що належить другій рідині зі зниженим значенням тиску пароутворення. У цьому прикладі такою рідиною може бути важке паливо. Надалі, об'єднання і схлопування мікронних каверн за допомогою сприятливого градієнта тиску області відриву потоку від обтічника, тобто у його тильній частині – у зоні ближнього сліду, призведуть до виникнення об'ємної стійкої просторової кавітаційної каверни. Розміри приєднаної до поверхні обтічника кавітаційної каверни можуть становити від 0,2 до 5 діаметрів тильної частини обтіканого тіла. Експериментально отриманими прикладами таких кавітаційних каверн є малюнки 1-3, взяті з роботи [1].

Двофазні суміші типу "рідина - газ" є найпростішим прикладом відхилення багатофазних потоків від однорідних рухомих середовищ. Такі потоки спочатку не відповідають відомій умові нерозривності (суцільності) рідини, що рухається.

Присутні в рідкому потоці газові включення при попаданні в область зниженого тиску починають різко збільшуватися у розмірах. Під час своєї взаємодії надалі вони об'єднуються і потім по мірі зростання часу руйнуються, що призводить до повної перебудови поля течії поблизу обтічної поверхні або тіла.

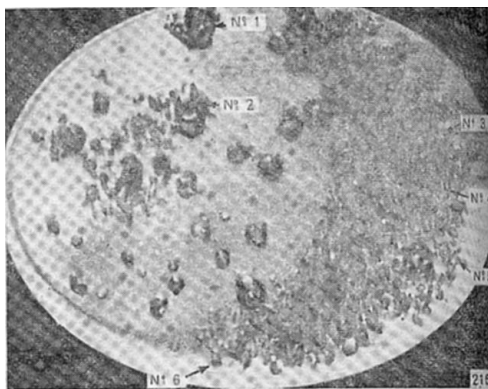


Рисунок 1. - Локально приєднані каверни (взято з [1])

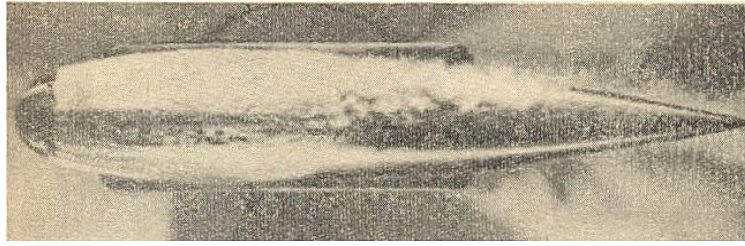


Рисунок 2. - Каверна, приєднана до тіла напівсферичної форми (взято з [1])

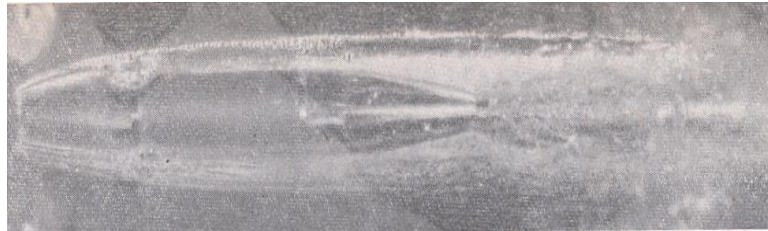


Рисунок 3. - Приєднана каверна (взято з [1])

Як показують результати розрахунків у цьому разі спостерігається постійне нестационарний перерозподіл поля завихреності обмеженого потоку.

З практичної точки зору при генеруванні кавітації поблизу поверхні обтічного тіла процес сумішоутворення проходитиме набагато швидше і якісніше. Головною причиною подібного поліпшення характеристик паливної суміші виступатиме інтенсифікація процесів тепло- і масообміну в локально виділеному об'ємі рідини, що рухається.

Як наступний характерний приклад відмінності в поведінці багатофазного потоку від однофазного можна навести ефект ранньої турбулізації прикордонного шару на поверхні тіла, що обтікається. У цьому випадку має місце різка зміна такого параметра як коефіцієнт опору обтічного тіла або збільшення довжини ближнього сліду, що виникає за обтічником. Зокрема, якщо розглядати потоки типу "рідина-рідина" то можна констатувати, що наведені як приклад на рисунку 4 епюри швидкості, будуть істотно видозмінюватися. Ці епюри, взяті з роботи [2], відповідають випадку руху однофазного потоку вздовж слабкозмінюючої бічної поверхні обтічника. У аналізованому прикладі, характерні профілі швидкості, відповідні перерізам А і В у моделюваному двофазному потоці, ніколи не будуть мати місце оскільки зсув між шарами рідини спочатку створюватиме епюру швидкості виду С. При настанні режиму розвинутої турбулентності вздовж усієї бічної поверхні обтічного тіла прикордонний шар мати області характерних зворотних течій, які на малюнку відповідають перерізу D.

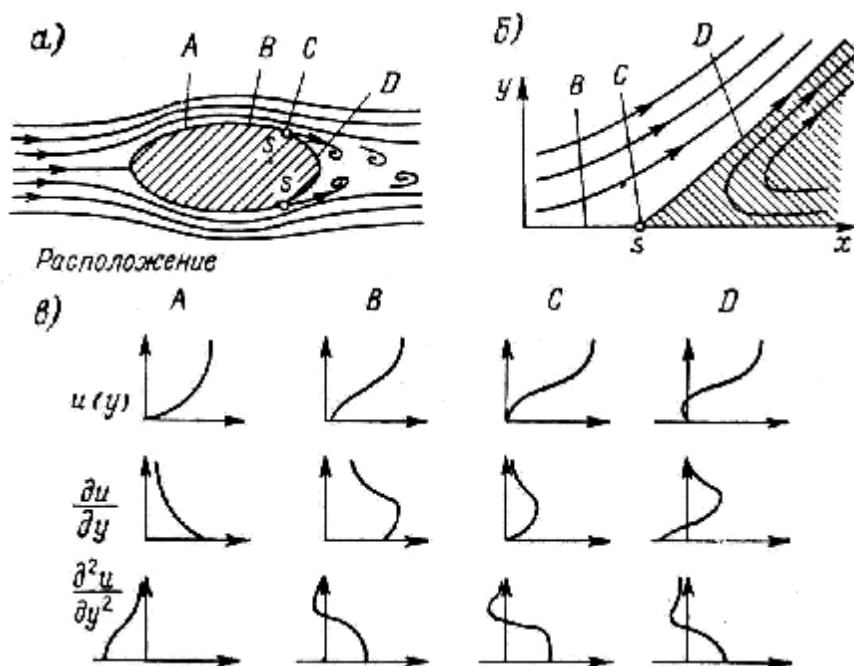


Рисунок 4. - Відривне обтікання тіла. (взято з [2])

- (а). Локальна течія поблизу точки відриву в місцевій системі координат, вісь x якої дотична до тіла в точці відриву, а вісь y – нормальна;
- (б). Різні профілі швидкості у прикордонному шарі;
- (в). А – за сприятливого градієнта тиску; В – при несприятливому градієнті тиску; С – в точці відриву; D – вниз потоком від точки відриву

У прикладі слід також звернути особливу увагу на зміну профілю похідної другого порядку від швидкості по висоті. Дані, наведені на рисунку 4, дозволяють зробити висновок, що саме ця складова може викликати серйозну нестабільність або навіть чисельну розбіжність обчислювального процесу при моделюванні потоку, що розглядається. Відповідно до відомих експериментальних даних характерні негативні значення величини $\frac{\partial^2 V}{\partial y^2}$ завжди спостерігаються в широкому діапазоні висот з наступною присутністю другої точки перегину. Зазвичай такий перегин виникає при переході до області позитивних значень локальної швидкості потоку, що знаходиться на граничній лінії зшивки з епюрою швидкості, що відповідає частині простору, в якій знаходиться основний турбулентний потік.

Таким чином, наведені вище характерні приклади вказують на принципову відмінність основних законів поведінки обмеженого багатофазного потоку біля обтічника на відміну від подібних процесів в однофазному потоці. Іншими словами виникаючі гідродинамічні ефекти притаманні тільки цим течіям і ніколи не можуть проявитися при русі однофазних середовищ.

Література

1. Кнэпп Р., Дейли Дж., Хэммит Ф. Кавитация. М. Мир, 1990. — 687 с.
2. Ньюмен Дж.. Морская гидродинамика: Пер. с англ. — Л.: Судостроение, 1985. — 368 с.

УДК 621.43.05

Мар'янов Д.М.

Національний університет «Одеська морська академія»

Зниження енергетичних втрат в системі транспортування бурильної суспензії суден класу PSV

В дослідженнях, присвячених вивченню зміни функціональних характеристик бурильних суспензій (БС) під час їх транспортування суднами класу PSV до морських нафтовидобувних платформ (НВП), було встановлено, що при цьому відбувається латентне розшарування БС за глибиною вантажного танка. Наслідком цього становиться утворення в донній частині вантажного танку осаду з важких компонентів якими легована БС. Це призводить до підвищеного опору на вантажні насоси, яки перекачують БС під час її вивантаження з судна PSV на НВП та пропорційно підвищує втрати енергії на забезпечення процесу транспортування БС [1, 2].

Зменшення втрат енергії в системі транспортування БС суден класу PSV можливо за рахунок забезпечення додаткової постійної, або періодичної циркуляції БС між вантажними танками, що розташовані поруч один до одного. При цьому система транспортування БС додатково комплектується мобільними циркуляційними насосами відповідно до схеми, що наведена на рис. 1.

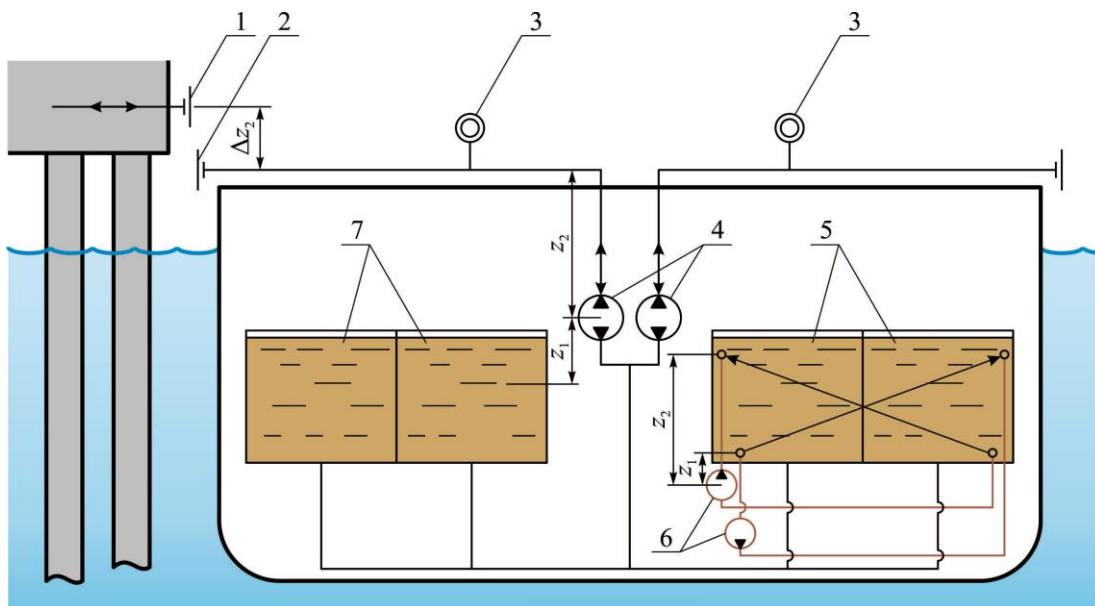


Рис. 1. Принципова схема розташування вантажних танків судна класу PSV, призначених для транспортування суспензії бурильної (фрагмент):

1, 2 – фланець прийому/видачі БС на нафтовидобувній платформі та судні PSV; 3 – витра-томір; 4 – вантажні насоси; 5, 7 – вантажні танки; 6 – насоси примусової циркуляції БС

Транспортування БС забезпечується в вантажних танках 5 та 7, попарно розташованих з кожного борту судна. Завантаження БС в танки та її вивантаження на НВП здійснюється вантажними насосами 4. Додаткову Х-подібну циркуляцію БС в вантажних танках забезпечують насоси 6, при цьому з донної частини одного з танків БС спрямовується на поверхню іншого [3, 4].

Аналіз комплектації та функціонування суднової системи збереження та циркуляції БС показав її складність та насиченість різним обладнанням. При цьому основними вузлами цієї системи є вантажний насос, який надає енергію потоку БС, і магістральний трубопровід, яким БС перекачується з вантажного танка на НВП. Транспортування БС (як будь-якої реальної рідини, що має в'язкість) супроводжується появою тертя, на подолання якого втрачається частина енергії, що передана БС. Ці втрати компенсуються напором, який створюється вантажним насосом. Відповідно до схеми, показаної на рис. 1, напір $H_{тр}$ для подачі БС складається з:

- статичної складової, яка не залежить від швидкості потоку та витрати

$$H_{ст} = g(z_1 + z_2) + \frac{P}{\rho}; \quad (1)$$

• гідравлічної складової, яка враховує гідравлічні опори всього магістрального трубопроводу та складається з сум місцевих опорів та опорів за довжиною всмоктувального та нагнітального трубопроводів

$$H_{дин} = \sum_{вт} \xi \frac{v_{в}^2}{2} + \lambda \frac{l_{в}}{d_{в}} \frac{v_{в}^2}{2} + \sum_{нт} \xi \frac{v_{н}^2}{2} + \lambda \frac{l_{н}}{d_{н}} \frac{v_{н}^2}{2};$$

$$H_{тр} = H_{ст} + H_{дин}.$$

У формулах складових напору:

z_1, z_2 – висота підйому рідини при всмоктуванні та нагнітанні, м;

P – тиск, створюваний вантажним насосом, Па;

ρ – густина БС, кг/м³;

$v_{в}, v_{н}$ – швидкість руху БС у всмоктувальному та нагнітальному магістральному трубопроводі, м/с;

$d_{в}, d_{н}$ – внутрішні діаметри всмоктувального та нагнітального трубопроводів, м;

$l_{в}, l_{н}$ – довжини всмоктувального та нагнітального трубопроводів, м;

$\sum_{вт} \xi, \sum_{нт} \xi$ – суми коефіцієнтів місцевих опорів всмоктувального та нагнітального трубопроводів;

λ – коефіцієнт тертя у трубах.

Аналіз рівняння (1) дозволяє зробити висновок, що управління гідравлічними втратами, що виникають у магістральному трубопроводі циркуляції БС,

можливо здійснювати не тільки шляхом впливу на геометричні характеристики системи (діаметр і довжину), тиск вантажного насоса, але також за рахунок безпосередньої зміни осадку судна. Особливістю технологічного процесу транспортування БС судами PSV є розбіжність в висотах фланців видачі / прийому БС, що знаходяться на НВП та на борту судна. Це пов'язано з різною висотою магістралей видачі / прийому БС на судні на НВП. Різниця у цій висоті (позначена як Δz_2 на рис. 1) збільшує статичну складову втрат напору. Видача БС з борту судна на нафтовидобувну платформу (у разі збільшення висоти її подачі на значення Δz_2) здійснюється шляхом підключення додаткових гнучких шлангів, що з'єднують фланці прийому / видачі БС на НВП та судні PSV (позиції 1 та 2 на рис. 1). Таким чином, видачу БС на НВП доцільно виконувати в завершенні технологічного процесу розвантаження судна PSV (в умовах, коли через зменшення дедвейту судна пропорційно зменшується осад судна і підвищується висота надводного борту), що сприяє зменшенню значення висоти підйому рідини при нагнітанні (z_2 на рис. 1).

Аналіз статичної складової виразу (1) та особливостей експлуатації суден PSV також дозволяє зробити висновок, що найбільш раціональним місцем встановлення вантажних насосів є нижній рівень вантажного танка, тому що висоту підйому рідини при всмоктуванні (z_1 на рис. 1) неможливо змінити шляхом збільшення / зменшення дедвейту.

Встановлення додаткових насосів, що забезпечують примусову циркуляцію суспензії бурильної, повинне виконуватися відповідно до позицій 6 рис. 1.

Особливістю запропонованого способу установки насосів є негативне значення висоти підйому рідини при всмоктуванні (z_1 на рис. 1). При цьому (у зв'язку із забезпеченням процесу циркуляції за схемою донна частина одного з вантажних танків – поверхня іншого вантажного танка, а також рівністю рівня БС у цих двох вантажних танках) виконується така наближена рівність $|-z_1| \approx |z_2|$, що суттєво зменшує значення статичної складової напору $H_{ст}$ та відповідне зниження загальних гідравлічних втрат $H_{тр}$. Додаткові магістралі, що з'єднують насоси циркуляції, можуть не мати арматури, що встановлюється перед всмоктуванням насосів, при цьому немає необхідності в установці подібної арматури на нагнітанні насосів (у зв'язку з тим, що циркуляція БС забезпечується безпосередньо на поверхню вантажного танка) [5].

Загальний аналіз та визначення втрат напору при циркуляції БС складні. При цьому оцінити рівень цих втрат можливо за зміною витрати БС, що перекачується вантажним насосом за різних умов експлуатації системи. З цією метою при проведенні досліджень на судні PSV дедвейтом 4610 тонн в систему циркуляції БС додатково встановлювався витратомір (позиції 3 на рис. 1). Після визначення витрати БС відносна продуктивність вантажних насосів (позиції 4 на рис. 1) розраховувалася за виразом

$$\Delta Q = \frac{Q_d}{Q_{\max}} \cdot 100\%. \quad (2)$$

де ΔQ – відносна продуктивність насоса, %;

Q_d та Q_{\max} – дійсна та максимальна (паспортна) продуктивність вантажних насосів, $\text{м}^3/\text{год}$, при цьому обидві продуктивності визначаються за однакового значення потужності, що споживається вантажним насосом.

Вираз (2) дозволяє визначити доцільність та ефективність використання додаткової Х-подібної циркуляції БС після завершення її транспортування на НВП. Аналогічну оцінку можна отримати шляхом вимірювання часу перекачування БС із вантажних танків на НВП за різних умов експлуатації системи. Значення даних параметрів для експериментів, виконаних на судні PSV дедвейтом 4610 тонн, наведено у таблиці 1, а також відображені на діаграмах рис. 2.

Таблиця 1. Результати експерименту на судні на судні PSV дедвейтом 4610 тонн

Параметр	Спосіб транспортування	
	I	II
Відносна продуктивність вантажних насосів, ΔQ , %	38...55	92...96
Час перекачування БС з вантажних танків на НВП, t , год	7,1	3,2

Примітка: I – транспортування без зміни конструкції;

II – транспортування з додатковою Х-подібною циркуляцією

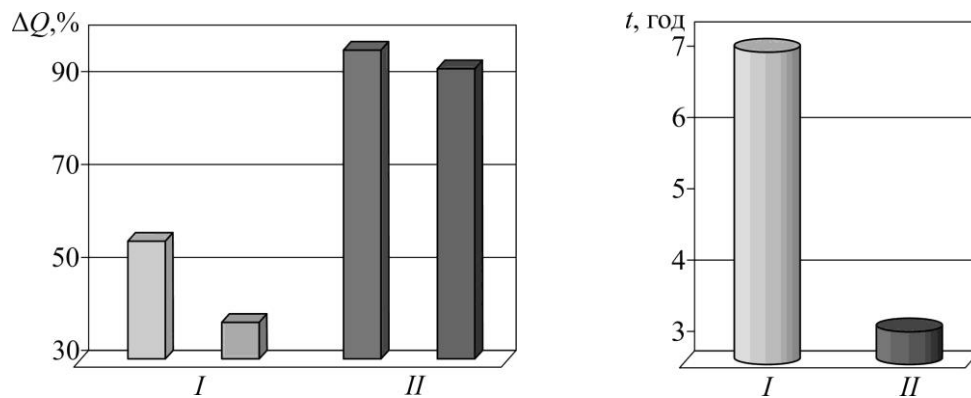


Рис. 2. Відносна продуктивність вантажних насосів, ΔQ , %, та Час перекачування БС з вантажних танків на НВП, t , год, (судно PSV дедвейтом 4610 тонн):

I – транспортування без зміни конструкції;

II – транспортування з додатковою Х-подібною циркуляцією

Найменше значення ΔQ у разі транспортування БС без зміни конструкції системи пояснюється меншою (порівняно з транспортуванням БС з додатковою Х-подібною циркуляцією) величиною дійсної продуктивності вантажних насосів. Останнє пов'язано зі збільшенням гідравлічних опорів, що виникають у системі через розшарування БС і утворення осаду з важких компонентів, якими вона легована. Цим пояснюється підвищений час перекачування БС у разі її транспортування без зміни конструкції системи [6].

За такою ж схемою виконувались вимірювання та розрахунки під час експериментів, виконаних на судні PSV дедвейтом 4670 тонн. Їх результати наведені у таблиці 2 та на діаграмах рис. 3.

Таблиця 1. Результати експерименту на судні на судні PSV дедвейтом 4670 тонн

Параметр	Спосіб транспортування	
	<i>I</i>	<i>II</i>
Відносна продуктивність вантажних насосів, ΔQ , %	33...48	88...95
Час перекачування БС з вантажних танків на НВП, t , год	7,3	3,6

Примітка: *I* – транспортування без зміни конструкції;

II – транспортування з додатковою Х-подібною циркуляцією

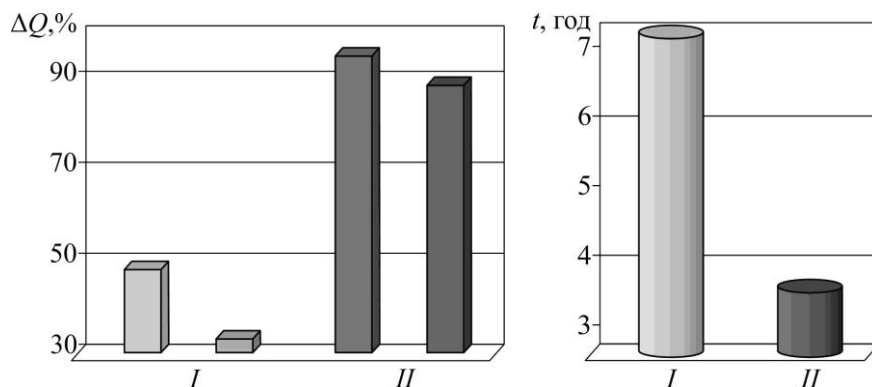


Рис. 3. Відносна продуктивність вантажних насосів, ΔQ , %, та Час перекачування БС з вантажних танків на НВП, t , год, (судно PSV дедвейтом 4670 тонн):

I – транспортування без зміни конструкції;

II – транспортування з додатковою Х-подібною циркуляцією

Запропонований спосіб додаткової Х-подібної циркуляції сприяє підтримці щільності та седиментаційної стійкості БС по глибині танка, в якому відбувається її перевезення. Підтримка необхідної густини та седиментаційної стійкості БС мінімізує час її перекачування з борту судна на НВП, скорочуючи неходовий період роботи суден типу PSV.

Для використання додаткової Х-подібної циркуляції БС необхідно проведення перекомплектації системи. Виконання подібних робіт можливе лише за погодженням із судовласником, а в деяких випадках з Реєстром або іншим класифікаційним товариством, яке здійснює нагляд за експлуатацією судна та його енергетичною установкою.

Запропонований варіант вдосконалення суднової системи транспортування БС має прикладний характер і заснований на практичному досвіді.

Як висновки за результатами виконаних досліджень відзначимо таке.

Одним з методів, що запобігають розшарування БС та утворення осаду з важких компонентів, якими вона легована, є створення додаткової Х-подібної циркуляції БС між розташованими поруч вантажними танками. Додаткова Х-подібна циркуляція БС забезпечується циркуляційними насосами по магістралях, що з'єднують донну і верхню частини вантажних танків, що знаходяться поруч.

Пропонований метод забезпечує зниження енергетичних втрат в системі транспортування бурильної суспензії суден класу PSV що виявляється в:

- підвищенні відносної продуктивності вантажних насосів з 33...55 % до 88...96 %

- зниження часу перекачування бурильної суспензії з вантажних танків на бурову платформу від 7,1 ... 7,3 год (у разі звичайного транспортування бурильної суспензії) до 3,2 ... 3,6 год при додаткової Х-подібної циркуляції бурильної суспензії);

- підтримці технічного стану обладнання, трубопроводів та елементів системи транспортування та перекачування бурильної суспензії.

Наведені результати свідчать про зниження енергетичних втрат на технологічний процес викачування БС із вантажних танків судна PSV на НДП.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Maryanov D. Development of a method for maintaining the performance of drilling fluids during transportation by Platform Supply Vessel // Technology Audit and Production Reserves. – 2021. – № 5 (2(61)). – С. 15-20. doi: <http://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.239437>.

2. Карьянский С.А., Марьянов Д.Н. Обеспечение эксплуатационных характеристик высокоплотных технических жидкостей при их транспортировке морскими судами // Вісник Одеського національного морського університету : Зб. наук. праць, 2020. – Вип. 1(61). – С. 97-105. doi.org/10.47049/2226-1893-2020-1-97-105.

3. Мар'янов Д. М. Удосконалення системи зберігання та циркуляції бурильної суспензії на суднах типу Platform Supply Vessel // Суднові енергетичні установки: науково-технічний збірник. Вип. 43. – Одеса: НУ «ОМА». – 2021. – С. 54 - 68. doi: 10.31653/smf343.2021.54-68.

4. Maryanov D. M. Maintaining the efficiency of drilling fluids when they are transported by platform supply vessels class offshore vessels // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. Scientific journal. – 2021. – № 7–8 (July – August). – Р. 22-28. <https://doi.org/10.29013/AJT-21-7.8-22-28>.

5. Карьянский С.А., Марьянов Д.Н. Регулирование плотности бурильной суспензии при ее транспортировке судами класса Platform Supply Vessels // Автоматизация судовых технических средств : наук. -техн. зб. – 2021. – Вип. 27. – Одеса : НУ «ОМА». – С. 52 - 62. DOI: 10.31653/1819-3293-2021-1-27-52-62.

6. Maryanov D. Control and regulation of the density of technical fluids during their transportation by sea specialized vessels // Technology Audit and Production Reserves. – 2022. – № 1 (2(63)). – С. 19–25. doi: <http://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.252336>.

Polovinka E.M., Tabulinsky I.N.

Fuel injection characteristics of 50 rt-flex diesel engine

This report presents the load characteristics of the common rail fuel injection system of the 50 RT-flex engine. For simulation modeling, a calculation scheme has been compiled that displays the functional parameters of the system elements.

Due to numerous advantages, such as high efficiency, intelligent capabilities, compact design common rail fuel injection system (CRS) engines have become widespread. For the qualified operation of such diesel engines, complete information about the working processes of the engine is required.

A simulation study with the aim of constructing the load characteristics of the fuel injection system was carried out for modes with a constant engine speed $n = 124$ rpm and changes in opening angle of the control valve in the range $\varphi_v = 6.6 - 14.4$ °RCS.

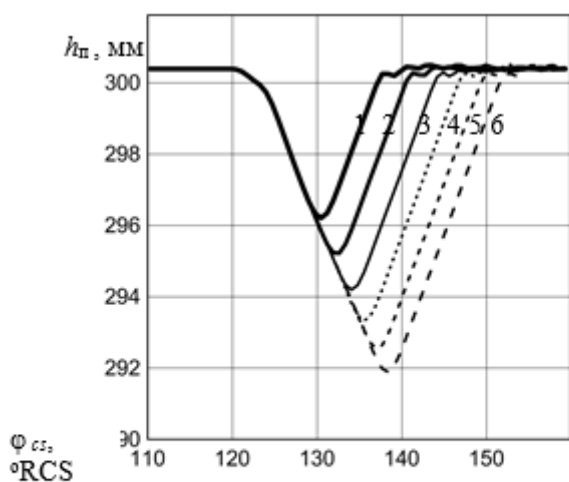


Fig. 1. Dependence of the stroke of the metering piston on the angle of rotation of the crankshaft: 1- $\varphi_v = 6.6$; 2 - 8.4; 3-10.2; 4 - 12; 5 - 13.2; 6 - 14.4 °RCS

The fuel injection process starts from the moment the control valve opens. In this case, the metering piston moves, supplying fuel to the injector. The combined oscillograms of the piston stroke are shown in Fig.1. Numerical parameters are given in Table.

A graphical representation of the dependence of the piston stroke on the load characteristic mode is given in the corresponding insert h_p Fig.2. Additional information about the movement of the piston is its extreme position along the x_p coordinate, referred to the initial state $x_p = 300$ mm. Parameters of the load characteristic of fuel injection system.

Parameters of the load characteristic of fuel injection system.

№ режима	$\varphi_{кл},$ °ПКВ	$h_p,$ мм	$x_p,$ мм	$\varphi_{п.о},$ °ПКВ	$\varphi_{п.к},$ °ПКВ	$v_{п. max},$ м/с	$g_{ф},$ кг/с	$p_{б.п.},$ бар	$p_{р.п.},$ бар	$q_{п.},$ Г
1	6.6	4.29	296.21	23.42	9.73	0.4847	0.49	766.7	634.5	8.375
2	8.4	5.27	295.22	26.31	11.4	0.4946	0.507	766.7	636.5	10.82
3	10.2	6.31	294.2	29.91	13.26	0.4918	0.507	766.7	636.5	13.27
4	12	7.18	293.33	32.79	14.66	0.4903	0.507	766.7	636.5	15.17
5	13.2	7.94	292.55	35.68	16.52	0.4906	0.507	766.7	636.5	17.37
6	14.4	8.61	291.89	37.84	18.03	0.4898	0.507	766.7	636.5	18.99

When analyzing the displacement of the metering piston, attention is drawn to the linear nature of its movement h_p and the same type of oscillograms (Fig. 1,2). The numerical values of the process parameters are presented accordingly.

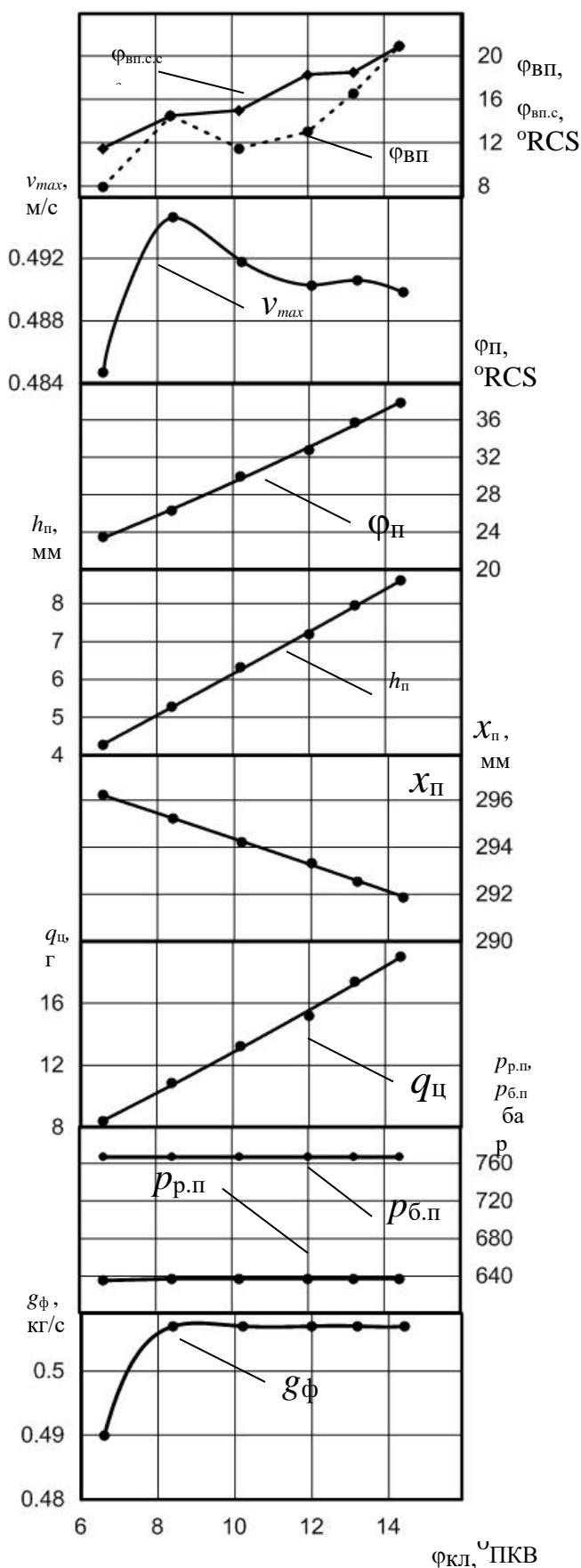


Fig.2. Load characteristics of the common rail fuel supply system of the 50RT-flex engine

So, with an increase in the duration of the opening of the control valve φ_v from 6.6 to 14.4 °RCS (2.18 times), the piston stroke was $x_p = 4.29-8.61$ mm (2.0 more).

Essential for the fuel supply process are the phase parameters of the individual components. This also applies to the movement of the QP. Starting from the initial position is observed at the same angle of rotation of the crankshaft, equal to 120 °RCS in all modes. In the cycle of operations performed by the QP, its working stroke ends at the angle $\varphi_{p,max} = 130.45-138.8$ °RCS, and the entire cycle with reverse movement is $\varphi_{p,a} = 23.42 \dots 37.84$ °RCS.

You can again pay attention to the nature of the dependence $\varphi_p = f(\varphi_v)$ - a straight line representing a linear relationship.

Conclusions

1. A simulation study of the processes of fuel supply by the Common Rail accumulator system, which is widely used on low-speed marine engines of the RT-flex type, has been carried out.

2. A calculation scheme has been compiled that provides a correct representation of hydrodynamic phenomena in individual nodes of the system.

3. The load characteristic is built in the form of dependence of

fuel supply parameters on the duration of the opening of the control valve.

Вплив гідродинамічної обробки на характеристики водомасляної емульсії

Ефективність експлуатації судових дизелів значною мірою залежить від стану системи мастила та якості мастила.

Одним із критичних параметрів, що характеризують поточний стан циркуляційного масла, є кількість води, потрапляння якої в експлуатаційних умовах неминуче. Навіть при повній справності елементів системи змащення джерелами обводнення є поглинання мастилом з присадками води з вологого повітря, конденсація вологи з повітря на стінках масляних ємностей та картера двигуна.

При цьому експлуатаційні властивості обводненої мастила визначаються не лише кількістю дисперсної фази у водомасляній емульсії (ВМЕ), але й агрегатним станом води. Тому визначення параметрів ВМЕ є актуальним завданням, яке вирішується в роботі, поданої у даному докладі

Для дослідів щодо визначення впливу гідродинамічної обробки на характеристики ВМЕ використано моторне масло з добавкою 15% води за обсягом. Обробка виконана двома методами: диспергуванням та ультразвуком.



Рис. 1. Середній діаметр крапель ВМЕ залежно від часу та виду обробки

Графічним уявленням отриманих залежностей є рис 1.

Зупиняючись на даних за середнім діаметром крапель, можна відзначити таке. Найбільша зміна дисперсності спостерігається на початку обробки, коли за перші 5 хв середній діаметр зменшується з 70,4 мкм до 13,3 мкм, або у 5,3 рази.

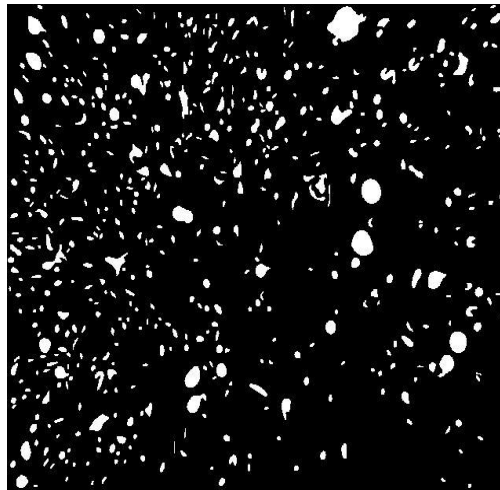
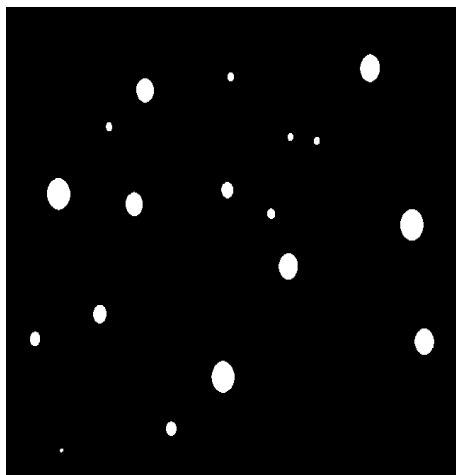
Подальша зміна цього параметра відбувається в межах 10,86 – 17,06 мкм (20 та 25 хв диспергування) – на 6,2 мкм, що по відношенню до середнього значення 13,96 мкм складе 16%. У той самий час відмінність крайніх величин (починаючи з 10 хв і закінчуючи 30 хв), рівних, відповідно, 13,3 и 12,44 мкм, складає тільки 0,86 мкм, від середніх 12,87 мкм – це 6,7%. Таким чином, результатом обробки ультразвуком (за винятком перших 5 хв) склало зменшення середнього діаметра крапель води на зазначені 6,7 %.

Перехід до диспергування супроводжувався деяким збільшенням середнього діаметра крапель: 12,44 мкм (в кінці ультразвукової обробки - 30 хв) до 21,04 мкм – в 1.7 рази (після 5 хв диспергування).

Подальше диспергування не призвело до помітної зміни розмірів крапель. При наступних перевірках стану ВМЕ отримані наступні величини середнього діаметра крапель: $d_{\text{ср}} = 23,96; 24,94; 20,79; 27,06; 24,057$ мкм.

Таким чином, у процесі 30 хвилин диспергування $d_{\text{ср}}$ знаходився в межах $20,79 \div 27,06$ мкм (діапазон 6,27 мкм, склавший 26,2 % при середньому значенні 23,92 мкм). Крайні величини (на початок та в кінці етапу) виявилися дуже близькими: 21,04 и 24,06 мкм. Отже, $d_{\text{ср}}$ збільшився на 3,02 мкм, або 13,3 %.

Розподіл крапель води в маслі окремих моментів часу в процесі експерименту характеризують відповідні мікрофотографії ВМЕ (рис.2).



а)

б)

Рис. 2. ВМЕ при УЗ обробці: а) -5 хв; б) -30 хв

ВИСНОВКИ

1. Проведено експериментальне дослідження процесів гідродинамічної обробки ВМЕ.
2. Встановлено кількісні параметри зміни характеристик дисперсного середовища під впливом гідродинамічної обробки.

УДК 621.431.74

Половинка Е.М., Яковенко А.Ю.

Застосування комбінованих вимірювальних перетворювачів для контролю топливоподачі суднових дизелів

Одним з напрямків розвитку вимірювальної техніки в ДВЗ є розробка для реєстрації робочих процесів вбудованих або суміщених з функціональними елементами перетворювачів (датчиків). Ідея використання в якості первинних перетворювачів конструктивних елементів паливної апаратури покликана забезпечити оптимальну реалізацію методів контролю процесів подачі палива.

Представлені в даному докладі опрацювання виконані на базі паливної апаратури середньообертного суднового дизеля ЧН25 / 34. Для реалізації такого підходу обрано тиск палива в ПНВТ, як один з найбільш інформативних параметрів процесу впорскування. Конструктивне виконання ПНВТ приведенне на рис.1.

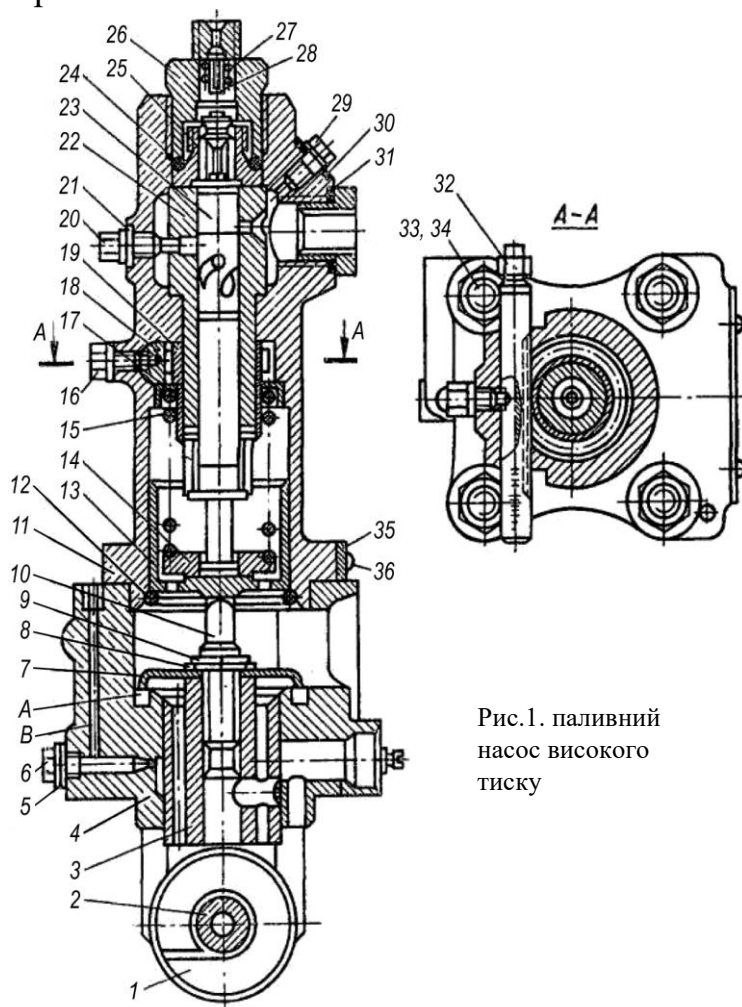


Рис.1. паливний насос високого тиску

Умовою вибору елемента для перетворювача були достатня база для монтажу тензодатчиків і робоча деформація, що відповідає параметрам вимірювальної системи. Для подальшого опрацювання обрана шпилька 34 кріплення приводу.

На фотографії рис. 2 показаний ПНВТ з «Ш-Д» на безмоторному стенді.

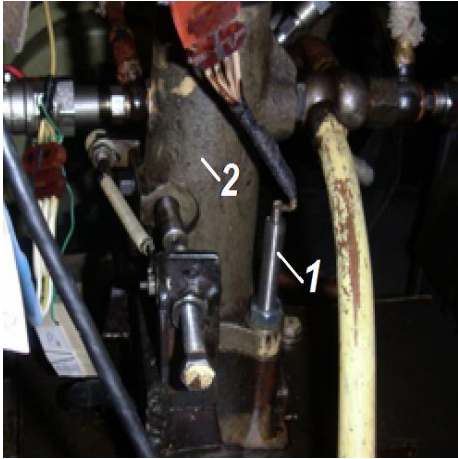


Рис.2. Датчик тиску палива («Ш-Д») на ПНВТ безмоторного стенду:
1-шпилька, 2- ПНВТ

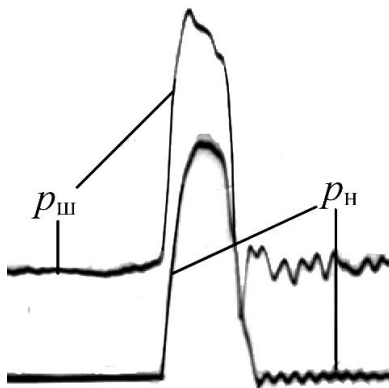


Рис.3. Осцилограма паливоподачі при $n_p = 248$ об/хв, $m = 32$

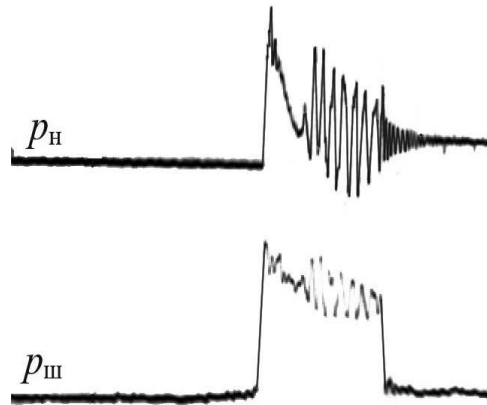


Рис.4. Осцилограма паливоподачі при $n_p = 33$ об/хв, $m = 32$

Режими, на яких проводились випробування, відповідають повному діапазону робочих частот паливної апаратури двигуна. Як зазначено на осцилограмах, він склав $33 \div 248$ об/хв. Різний характер процесу впорскування досягався зміною затягування пружини форсунки.

Візуальний аналіз кривих тиску палива в насосі $p_{\text{н}}$ і деформації $p_{\text{ш}}$, записаної «Ш-Д», свідчить про прийнятну для практики інформативність останньої. Зіставляючи криві $p_{\text{н}}$ і $p_{\text{ш}}$, приймемо в якості базового запис за допомогою датчика тиску.

В обох випадках можна відзначити реакцію «Ш-Д» на появу додаткового навантаження на початку руху плунжера ПНВТ. Цьому відрізку на осцилограмі відповідає незначний підйом кривої. Швидке зростання тиску при частоті обертання $n_p = 248$ об/хв (рис.3) фіксується обома датчиками синхронно.

Ділянка максимальних тисків характерна коливаннями на лінії «Ш-Д», відсутніми у $p_{\text{н}}$. Задній фронт особливостей не має. Крива «Ш-Д» трохи повніше в верхній частині. Після закінчення подачі палива, як і слід було очікувати, у кривій «Ш-Д» видно ділянку розвантаження, що припадає на період зворотного ходу плунжера. При цьому за частоти $n_p = 248$ об/хв спостерігається зворотний пік (нижче базового рівня).

Що стосується дробової роботи системи упорскування (рис. 4), то відмінність в кривих більш істотна. Природно вважати, що система, елементом якої є «Ш-Д», чинить демпфуючу дію, згладжуючи реакцію на зміну тиску палива. При цьому, однак, частота зберігається. Форма ліній p_n і $p_{ш}$ відрізняється істотно.

Висновки В якості базової деталі для створення комбінованого датчика високого тиску палива в ПНВТ може бути використана шпилька кріплення його приводу.

На режимах стабільного впорскування датчик тиску і датчик деформацій мають близькі метрологічні характеристики. На цих режимах можна використовувати «Ш-Д» для експлуатаційного контролю.

УДК 621.43.05

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

Національний університет «Одеська морська академія»

Розробка моделі водозабірних решіток кінгстонів суднових систем охолодження

Біологічне забруднення (biofouling, біофулінг) негативно впливає на системи охолодження суднової енергетичної установки, збільшуючи теплове навантаження головних двигунів особливо в районах плавання з температурою морської води 30-32 °С.

За наявності в забортній воді різних включень вони можуть засмоктуватись в систему охолодження, роблячи взагалі неможливою її нормальну роботу.

Для зменшення біологічного забруднення передбачається встановлення на судні спеціальних кінгстонних або льодових ящиків з отворами, закритими зовні захисними (кінгстонними) ґратами, що унеможливають попадання в циркуляційну трасу великих сторонніх включень. Окрім цього для підтримання працездатності системи охолодження проводять очищення кінгстонних решіток та кінгстонних ящиків.

Для запобігання біологічного забруднення використовуються попереджувальні системи (або активні засоби захисту), які дозволяють підвищити ефективність захисту, збільшити термін експлуатації обладнання та дають можливість керування параметрами захисту [1].

До активних систем належать: захист ультразвуком; хімічним способом, заснованому на подачі до поверхонь, що захищаються, зі спеціальних ємностей різного виду токсинів; фізико - хімічними способами (електрохімічними) за допомогою електролізу морської води при використанні розчинних або нерозчинних анодів; вуглекислотний спосіб [2], заснований на використанні відпрацьованих газів СЕУ для насичення ними морської води, що циркулює в судновій системі (до певної величини рН), з метою запобігання біологічному обростанню.

Окрім перелічених способів для запобігання біологічного забруднення використовуються спеціальні розподільники реагентів що блокують біофулінг

[3] – порожні водозабірні ґрати (замість звичайних штатних ґрат), які в цьому випадку виконуються з перфорованих труб овального перерізу (замість низки суцільних ребер у звичайних ґратах, що перешкоджають попаданню в кінгстонний ящик сторонніх предметів). Причому отвори в перфорованих трубах модернізованих водозабірних ґрат виконані на бічних сторонах (рис. 1), в яких осі спрямовані перпендикулярно основному потоку забортної води, що надходить в кінгстонний ящик [3].

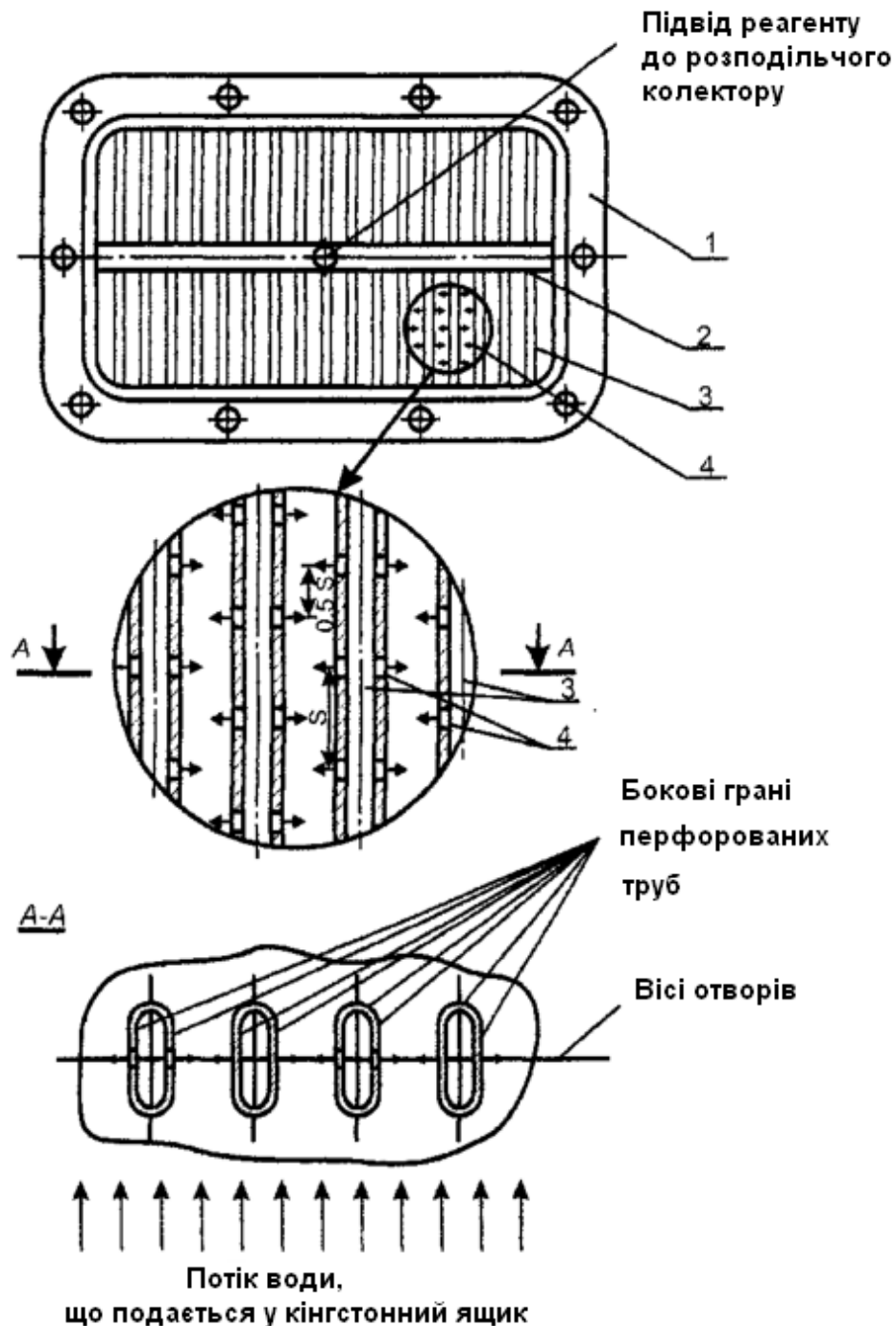


Рисунок 1 – Модернізовані трубчасті водозабірні решітка [3]:

1 - установка рама; 2 - розподільний колектор;

3 - перфоровані труби-ребра овального перерізу; 4 – отвори для виходу реагенту.

Робота модернізованої трубчастої водозабірної решітки повинна забезпечити:

- виключити змив реагенту, за наявності руху забортної води вздовж ґрат, за межі водоприймального пристрою, тобто. за борт;
- забезпечити 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.

Перелічені переваги модернізованої трубчастої водозабірної решітки можливо забезпечити при виконанні комплексу модельних досліджень, що дозволять визначити раціональне розміщення і кількість отворів для витікання реагенту.

Такі дослідження можливо виконати за допомогою комп'ютерного моделювання течій рідини [4], навколо та в середині решітки, і оптимізувати конструкцію решітки та гідродинамічний режим подавання реагенту.

Для комп'ютерного моделювання гідродинаміки модернізованої трубчастої водозабірної решітки раціонально на першому етапі розробити твердо-тілну модель перфорованої труби-ребра овального перерізу решітки (рис. 2).

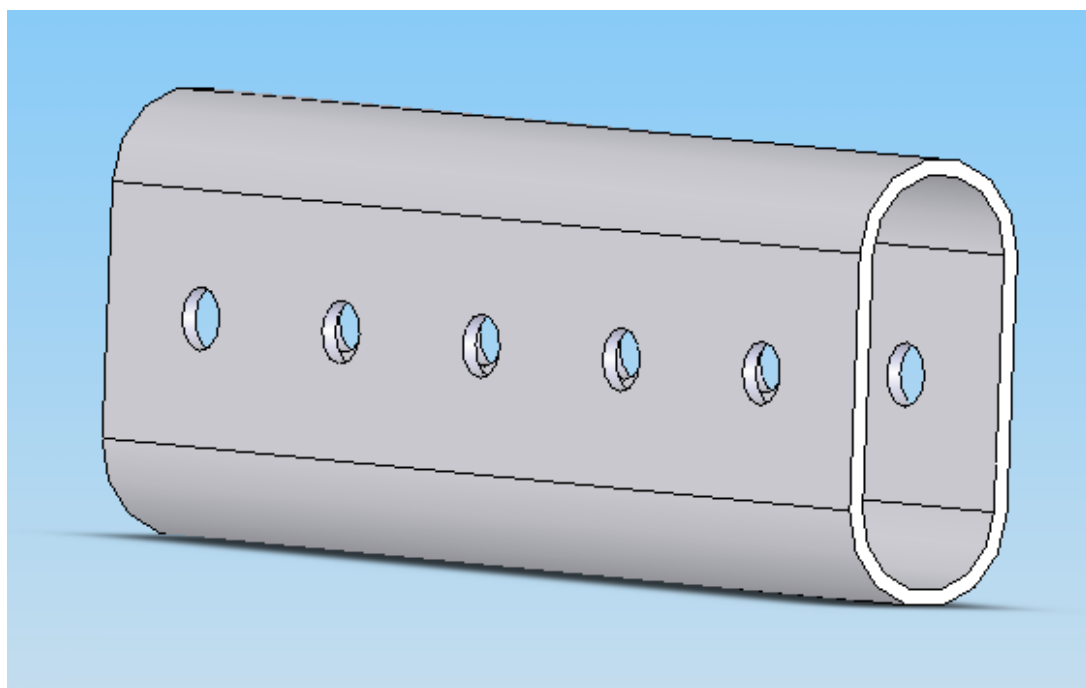


Рисунок 2 – Твердотільна модель перфорованої труби-ребра овального перерізу

На другому етапі досліджень доцільно провести моделювання обтікання перфорованої труби-ребра морською водою з точки зору оптимізації форми труби-ребра з метою зменшення гідродинамічного опору.

В подальших дослідженнях необхідно провести експериментальні дослідження з оптимізованою конструкцією трубчастої водозабірної решітки.

При впровадженні на судах оптимізованої трубчастої водозабірної решітки для систем запобігання біологічному обростанню дозволить знизити енерговитрати, підвищити ефективність та надійності експлуатації судових енергетичних установок, зменшити виникнення аварійного стану судового обладнання та загалом підвищує безпеку плавання суден.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гуревич Е.С. Защита морских судов от обрастания / Е.С. Гуревич, Е.В. Искра, Е.П. Куцевалова - Л: Судостроение, 1978. - 200 с.
2. Абрамов В.А. Анализ эффективности способов предотвращения обрастания в системах забортной воды, используемых на морских судах/В.А. Абрамов, Б.А. Павленко//Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. - 1998. - № 1. - Одеса: ОНМА. - С. 52-58.
3. Устройство для предотвращения обрастания судовых водоприёмных устройств и системы подачи забортной воды: 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.
4. Компьютерное моделирование в инженерной практике. SolidWorks / Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонович А.И., Пономарев Н.Б. – СПб.: БХВ - Петербург, 2005. – 800 с.

УДК 629.5

Коровайченко Є.Ю.

Національний університет «Одеська морська академія»

Аналіз експлуатації скрубера системи інертних газів нафтового танкера

Згідно програми роботи у аспірантурі було виконано рейс на танкері дедвейту 300000т, під час якого експлуатувалася та вивчалася система інертних газів.

Загальні відомості про судно:

Назва судна: ALICE

Тип судна: Танкер для сирої нафти

Довжина: 333м

Валова місткість: 154379

Дедвейт: 299320 т

Тип силової установки: HYUNDAI-WARTSILA 7X82(DELTATUNING) (SINGLE ACTING, TWO(2) STROKE, CROSSHEAD, TURBOCHARGED, REVERSIBLE, MARINE DIESEL ENGINE)

Потужність силової установки: 24,020 кВт

Витрата палива: 162.7 г/кВт·год + 5 % (при використанні дизельного палива: 42,700 кДж/кг)

Витрата мастила: 63кг/день

Інформація про систему інертних газів

На судні встановлена система інертних газів виробництва KangRim Heavy Industries типу KS07 (Рис 1.)

Основні елементи системи:

Два парових котли типу MAC-45B

Скруббер

Газонагнітачі

Палубний водяний затвор

Зворотний клапан

Газовідвідна труба (мачтовий стояк)

Палубний переривач тиску/вакуума

Газовідсікаючі клапани танків

Запорні клапани та автоматичні клапани

Система інертних газів використовувалася під час вантажних операцій танкера а також при інертизації вантажних танків. Парові котли типу MAC-45B (Рис 2) призначені для використання водночас як джерело водяної пари високого тиску так і інертних газів.

Водяна пара високого тиску (6-18 кг/см²) використовується для роботи парових турбін вантажних насосів судна, зачисного насосу та підігріву вантажних танків.

Виробник Mitsubishi Heavy Industries Marine Machinery & Engine Co., LTD.

Тип котлу	MAC-45B
Паропродуктивність одного котлу	45 000 кг/год
Робочий тиск пари	18.0/6.0 кг/см ²
Розрахунковий тиск пари	20.0 кг/см ²
Тиск спрацювання запобіжного клапана	20.0 кг/см ²
ККД котла	82.0 %
Вміст кисню на виході з котлу	5% при навантаженні на 25%
Витрати палива при максимальному навантаженні	3,161 кг/год

Під час експлуатації даної системи особливу увагу приділяли скрубберу (Рис 3) системи інертних газів, його робочим параметрам та характеристикам.

Попередньо охолоджений інертний газ очищатиметься в мийній вежі, заповненій високоефективним насадковим матеріалом низького опору.

Цей насадковий матеріал має відкриту структуру, яка запобігає затопленню за будь-яких умов навантаження. З іншого боку, відкрита конструкція має велику вологу поверхню, що забезпечує високу ефективність видалення SO_x та сажі.

Перш ніж газ покине скруббер краплі води відокремлюються за допомогою краплеуловлювача.

При вивченні даної системи було вивчено особливості роботи скрубера відкритого типу, та розроблено шляхи вдосконалення існуючої конструкції.

Для перевірки запропонованих вдосконалень необхідно на першому етапі створити твердо-тілну комп'ютерну модель скрубера та провести дослідження гідродинамічних режимів роботи апарату з визначенням найбільш раціональних умов експлуатації

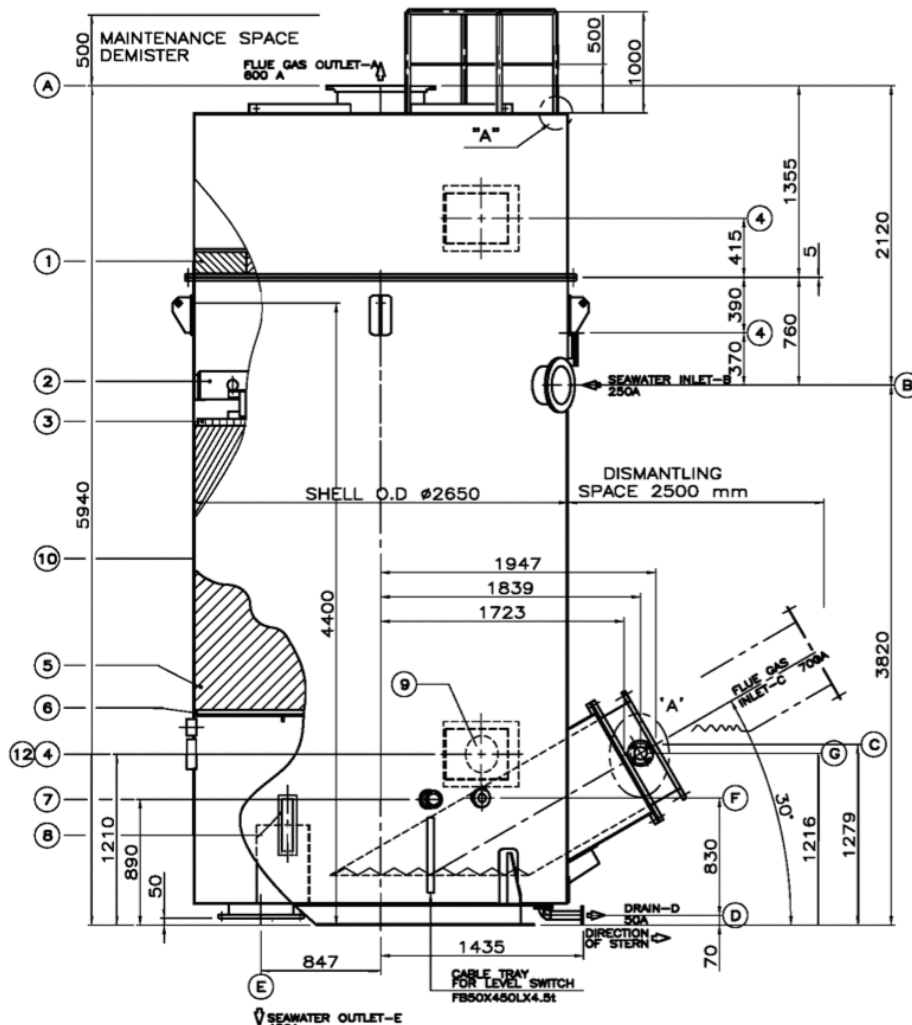


Рисунок 3 – Схема скруббера

УДК 621.56-52:004.9

Очеретяний Ю.О

Національний університет «Одеська морська академія»

Перспективи використання діоксиду вуглецю у якості холодильного агента на водному транспорті

Правильний вибір робочої речовини суднових холодильних установок багато в чому визначає їх екологічність, економічність, габарити та надійність експлуатації. У суднових холодильних установках у якості робочої речовини використовуються холодильні агенти, які переносять теплоту від холодного джерела до більш нагрітого, здійснюючи фазові переходи (кипіння та конденсацію). До них пред'являють багато вимог, головне з яких безпека (вибухобезпечність, негорючість, нетоксичність, екологічна чистота). Крім того, холодоагент повинен забезпечувати надійну роботу холодильної машини в заданому інтервалі температур. Тиск у випарнику повинен бути вище атмосферного, щоб уникнути підсмоктування повітря в установку, а тиск парів холодоагенту

в конденсаторі не повинен бути занадто високим для забезпечення міцності та щільності. До вимог виробничого та експлуатаційного характеру відносяться доступність, низька вартість, інертність до металів, хороша розчинність у воді та маслі, стійкість до високих температур, хімічна стабільність, легкість виявлення витоків холодоагенту із системи.

В останні десятиріччя світовою спільнотою активно обговорюється вплив робочих речовин на екологію навколишнього середовища. Поява фреонів призвела до їх застосування не тільки в холодильній техніці, але і для виготовлення аерозолів, у зв'язку з чим в атмосферу потрапляла велика кількість фреонів. За панівною нині теорією хлорфторуглероди довговічні, але в атмосфері розкладаються із атомного хлору. Він взаємодіє з озоном і руйнує озоновий шар атмосфери, що поглинає ультрафіолетові промені. Це небезпечно для людей, тварин, біосфери. Проблема обговорювалася на міжнародних конференціях у Відні (1985), Монреалі (1987) і Копенгагені (1992). За Монреальським протоколом всі галоїдопохідні вуглеводні розділені на три групи:

1. Хлорфторвуглеці ХФУ (CFCI), що мають високий потенціал руйнування озонового шару ODP (Ozone Depleting Potential), дорівнює 1. До них відносяться R11, R12, R500, R502.
2. Гідрофторхлорвуглеці ГФХУ (HCFCI), які менше руйнують озоновий шар і мають ODP 0,05 і менше (наприклад, R22)
3. Гідрофторвуглеці ГФУ (HCF), що не руйнують озоновий шар і мають ODP = 0 (R134a, R125).

У 1992 р. у Копенгагені і в 1995 р. у Кіото вимоги до альтернативних холодоагентів були посилені – вони повинні також мінімально впливати на парниковий ефект Землі. Цей вплив визначає особливий показник – глобальний потенціал потепління GWP (Global Warming Potential). У CO₂ GWP дорівнює 1, а у R22 – 5100, тому внесок витоків фреонів у загальне потепління становить приблизно 1/6, хоча ці витки набагато менше викидів двоокису вуглецю та метану.

Відповідно до міжнародних угод хлорфторвуглець (ХФУ) слід замінити гідрофторвуглецем (ГФУ) або природними холодоагентами – аміаком та чистими вуглеводнями. При переході на альтернативні холодоагенти необхідно синтезувати термодинамічно досконалі робочі речовини та сумісні з ними масла, забезпечуючи підвищення або, як мінімум, збереження енергетичної ефективності сучасного холодильного обладнання[1].

Діоксид вуглецю (CO₂), відомий під позначенням R744, є природною речовиною і має безперечні переваги для використання у сучасній холодильній техніці (висока холодопродуктивність, нетоксичність, безпека використання, інертність до матеріалів, дешевизна і доступність), а в замкнутах контурах має зневажливо малий потенціал. Високі тиски в області робочих температур з одного боку накладають спеціальні вимоги до конструкції обладнання, яке працює на CO₂, які потрібно враховувати при проектуванні судових холодильних установок, з іншого дозволяючи добиватися підвищеної холодопродуктивності. Також ці особливості слід враховувати під час транспортування та зберігання вуглекислоти.

Холодильний агент CO_2 належить до групи ГФУ (HFC) - природних холодоагентів (аміак, пропан, бутан, вода та інших.) має нульовий потенціал руйнування озонового шару Землі ($\text{ODP}=0$) і є еталонною одиницею під час розрахунку потенціалу глобального потепління ($\text{GWP}=1$). У кожного з природних холодоагентів є свої недоліки, наприклад, аміак токсичний, пропан горючий, а у води обмежена область застосування. На відміну від них CO_2 не токсичний і не горючий, хоча його вплив на навколишнє середовище не є однозначним. З одного боку, CO_2 міститься в навколишньому повітрі і необхідний для протікання життєвих процесів. З іншого боку, вважається, що велика концентрація вуглекислоти у повітрі є однією з причин глобального потепління.

Вартість діоксиду вуглецю в 100-120 разів нижче, ніж R134a. R744 може бути альтернативним холодоагентом. Міститься в атмосфері та біосфері Землі, має наступні переваги: низька ціна, просте обслуговування, сумісність із мінеральними мастилами, електроізоляційними та конструкційними матеріалами. Разом з тим при використанні діоксиду вуглецю потрібне водяне охолодження конденсатора холодильної машини, збільшується металомісткість холодильної установки. Високий критичний тиск має позитивний аспект, пов'язаний з низьким ступенем стиснення, внаслідок чого ефективність компресора стає значною. І це також є перевага у використанні R744 на водному транспорті, тому що у складі більшості сучасних суднових холодильних установок використовуються конденсатори з водяним охолодженням.

Останніми роками перспективність використання CO_2 як холодоагенту помітно зросла. Діоксид вуглецю - один з небагатьох холодоагентів для холодильних систем, актуальний з точки зору ефективності застосування та безпеки для навколишнього середовища. Застосування традиційних холодоагентів обмежується різними нормативами, причому у всьому світі спостерігається тенденція до їх жорсткості. Крім цього фреони мають ряд інших недоліків, суть яких зводиться до наступного: немає такого синтетичного холодоагенту який був би озонобезпечним, не сприяв би створенню парникового ефекту, мав би хороші термодинамічні властивості та високі експлуатаційні параметри. Вуглекислий газ, або діоксид вуглецю (CO_2), має хороші показники ефективності для низьких температур, дуже високу питому холодопродуктивність. Недоліки фреонів сприяли тому, що у світі спостерігається тенденція переходу на натуральні, природні, холодоагенти. Найбільш популярні повітря, вода, аміак, вуглеводні, вуглекислий газ. При цьому повітря має надзвичайно низьку температуру кипіння, а вода високу за нормальних умов. Аміак є одним з найкращих холодильних агентів і в даний час активно впроваджується для малих холодильних установок, проте головний недолік — токсичність та вибухопожежобезпечність непереборний. Вуглеводні ще більш вибухопожежонебезпечні, ніж аміак, тому їх доцільно використовувати тільки в малих холодильних машинах, наприклад, у побутовій техніці. На цьому тлі підвищений інтерес до вуглекислого газу стає цілком зрозумілим[2].

Ініціатива повернутися до використання CO_2 у холодильній техніці належить скандинавським країнам, де закони значно обмежують використання холодоагентів HFC та HCFC. Як холодоагент для промислових установок зазви-

чай застосовується аміак, та його кількість у системі обмежена. Це не є проблемою для установок, що працюють на високі та середні температури (до $-15/-25^{\circ}\text{C}$), де кількість аміаку скорочується застосуванням вторинного холодоносія. Для нижчих температур застосування вторинного холодоносія неефективне через великі втрати на різниці температур, у цьому випадку використовують CO_2 .

При атмосферному тиску CO_2 існує у твердій чи паровій фазах. За такого тиску рідкої фази немає. При температурах нижче $-78,4^{\circ}\text{C}$ діоксид вуглецю знаходиться в твердій фазі («сухий лід»). При підвищенні температури CO_2 сублімує до парової фази. При тиску 5,2 бар і температурі $-56,6^{\circ}\text{C}$ холодоагент досягає так званої потрійної точки. У цій точці всі три фази існують у рівноважному стані. При температурі $+31,1^{\circ}\text{C}$ CO_2 досягає своєї критичної точки, де його щільності в рідинній та паровій фазі однакові (рисунок 1). Отже, різниця між двома фазами зникає і CO_2 існує у надкритичному стані.



Рисунок. 1 – Діаграма тиск - ентальпія для холодильного агенту R744

Діоксид вуглецю може використовуватися як холодоагент в холодильних системах різних типів, як субкритичних, так і транскритичних. При використанні CO_2 як холодоагент необхідно враховувати як потрійну, так і критичну точку для будь-яких типів холодильних систем. У субкритичному циклі CO_2 (рисунок 1) весь діапазон робочих температур та тисків лежить між критичною та потрійною точками. Одноступінчасті холодильні цикли CO_2 аналогічні іншим холодоагентам, але мають деякі несприятливі фактори, пов'язані насамперед із обмеженням значень температур та тисків.

Транскритичні холодильні системи на CO_2 в даний час використовуються в невеликих та комерційних холодильних установках, а саме: у мобільних системах кондиціонування повітря, невеликих теплових насосах та системах охолодження супермаркетів. Транскритичні системи практично не застосовуються у промислових холодильних установках. Робочий тиск у субкритичному циклі зазвичай знаходиться в діапазоні від 5,7 до 35 бар за відповідної температури

від -55 до 0°C . При відтаюванні випарника гарячим газом значення робочого тиску збільшується приблизно на 10 бар. Найбільш широко CO_2 застосовується у каскадних системах промислових холодильних установок. Це пов'язано з тим, що діапазон робочих тисків дозволяє використовувати стандартне обладнання (компресори, регулятори та клапани)[3].

Висновок

Відповідно до міжнародних угод хлорфторвуглець (ХФУ) слід замінити гідрофторвуглецем (ГФУ) або природними холодоагентами – аміаком та чистими вуглеводнями.

Вуглекислий газ має наступні переваги: 1) має високу об'ємну холодопродуктивність, 2) не токсичний і безпечний; 3) інертний до матеріалів; 4) дешевий та доступний.

Головні недоліки - низька критична температура 31°C та високі робочі тиски, до 10 МПа.

Для виправлення цих недоліків рекомендується використовувати вуглекислий газ як домішкою з іншими холодоагентами, наприклад пропаном і бутаном.

При використанні діоксиду вуглецю потрібне водяне охолодження конденсатора холодильної машини, збільшується металомісткість холодильної установки. Високий критичний тиск має позитивний аспект, пов'язаний з низьким ступенем стиснення, внаслідок чого ефективність компресора стає значною. І це також є перевага у використанні R744 на водному транспорті, тому що у складі більшості сучасних суднових холодильних установок використовуються конденсатори з водяним охолодженням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Загоруйко В.А., Голиков А.А. Судовая холодильная техника—Киев: Наукова думка, 2000.— 607 с.
2. Гафуров, Ш. Д. Перспективы применения углекислого газа в холодильных машинах / Ш. Д. Гафуров, А. С. Карабаев. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 7 (141). — С. 46-48.
3. Очеретяний Ю.О. Технічна експлуатація суднових холодильних установок і систем кондиціонування: навчальний посібник / Очеретяний Ю.О. — Одеса: ОНМА, 2014. — 204 с.

Козьмініх Н.А., Василець Д.І.

Національний університет «Одеська морська академія»

Аналіз ефективності систем вторинного скраплення газу суден для перевезення скраплених нафтових газів.

Споживання газу у світі та всесвітньої енергетиці збільшується з кожним днем. Як відмічають міжнародні експерти, у період 2020 – 2025 року світовий об'єм споживання газу збільшиться у 5 разів. Найпопулярніші суднобудівні верфі повні замовленнями на нові танкера-газовози для судових компаній.

Існують три типи LPG газовозів (суден для перевезення скраплених нафтових газів). Газовоз напірного типу у якому газ перевозять при температурі навколишнього середовища і тиском приблизно 18 бар. У зв'язку з цим не виникає потрібність у системі охолодження вантажу, а також у теплоізоляції танку. Газовоз напіврижераторного типу, які гази перевозяться нижче ніж температура навколишнього середовища при відносно невеликому тиску (приблизно 4 – 8 бар). Місткість напіврефрижераторних газовозів знаходиться в межах від 2000 до 25 000 м³. Газовози рефрижераторного типу призначені для перевезення повністю охолоджених зріджених газів при низькій температурі і тиску максимум на 0,3 бар вище атмосферного. Вантажомісткість газовозів рефрижераторного типу, при однакових конструктивних розмірах, вище, ніж в інших газовозів за рахунок різниці щільності зрідженого газу при температурі навколишнього середовища і температурі кипіння. Рефрижераторні судна добре підходять для перевезення великих обсягів вантажів, таких як скраплені природні та нафтові гази, етилен, аміак, хлористий вініл на великі відстані.

Установки, призначені для забезпечення температурних режимів в вантажних танках судна при перевезенні скраплених мають назву установок вторинного скраплення газу (УВСГ), або RELIQUEFACTION PLANT.

Важливим питанням є визначення і аналіз енерговитрат при експлуатації двоступеневих і каскадних УВСГ в однакових умовах експлуатації. Для початку розглянемо двоступеневу УВСГ, яка може бути використаною і на судах газовозах напіврефрижераторного типу.

Порівняння витрат енергії проведено на базі порівняння змін ентальпій в процесі стискання робочого тіла в компресорах у двоступеневої (рис. 1) та каскадній (рис.2, 3) УВСГ

Умови експлуатації: Температура вантажу у танку – -40° С;

Температура всмоктування першої ступені компресора – -25° С;

Тиск нагнітання першої ступені компресора – 4,5 бара;

Температура нагнітання першої ступені компресора – 50°;

Тиск нагнітання другої ступені компресора – 10,9 бара;

Температура нагнітання другої ступені компресора – 78° С;

Температура конденсату на виході ПО 11° С

1-2 пари вантажу проходять через віддільник рідини до всмоктування першої ступені компресору; 2-3 пари стискаються до проміжного тиску і направляються у проміжний охолоджувач; 3-4 охолоджуються до стану насичення; 4-

5 всмоктуються у другу ступень компресора; 5-6 конденсуються з постійним тиском; 6-А дроселюється у регулюючий вентиль и надходить у проміжний охолоджувач; 6-7 переохолодження; 7-8 процес дроселювання.

R1270, CH₃CH=CH₂, Propene (propylene)
 T critical = 91.75 °C, p critical = 46.13000 Bar, v critical = 0.00441 m³/kg

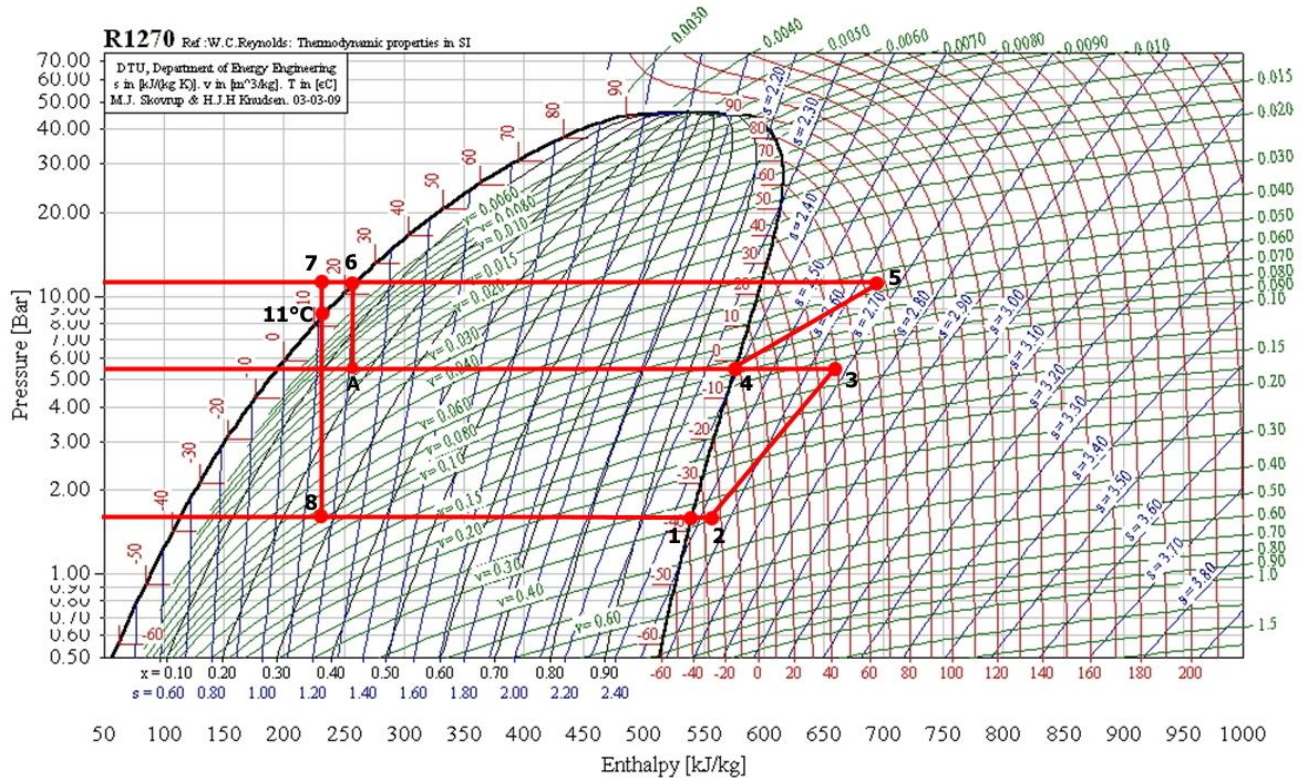


Рис 1 Цикл двоступеневої УПСГ з проміжним охолоджувачем

Робота витрачена на стиснення в першому ступені:

$$l_1 = h_3 - h_2$$

$$660 - 555 = 105 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right)$$

Робота витрачена на стиснення в другому ступені:

$$l_2 = h_5 - h_4$$

$$695 - 575 = 120 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right)$$

Сумарна робота:

$$l_1 + l_2 = 105 + 120 = 225 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right)$$

Каскадна установки складається із нижнього пропанового каскаду і верхнього хладонового каскаду, у якому використовується хладон R134a.

Розглянемо цикл нижнього каскаду (рис 2.). За умовою, які ми обрали вище.

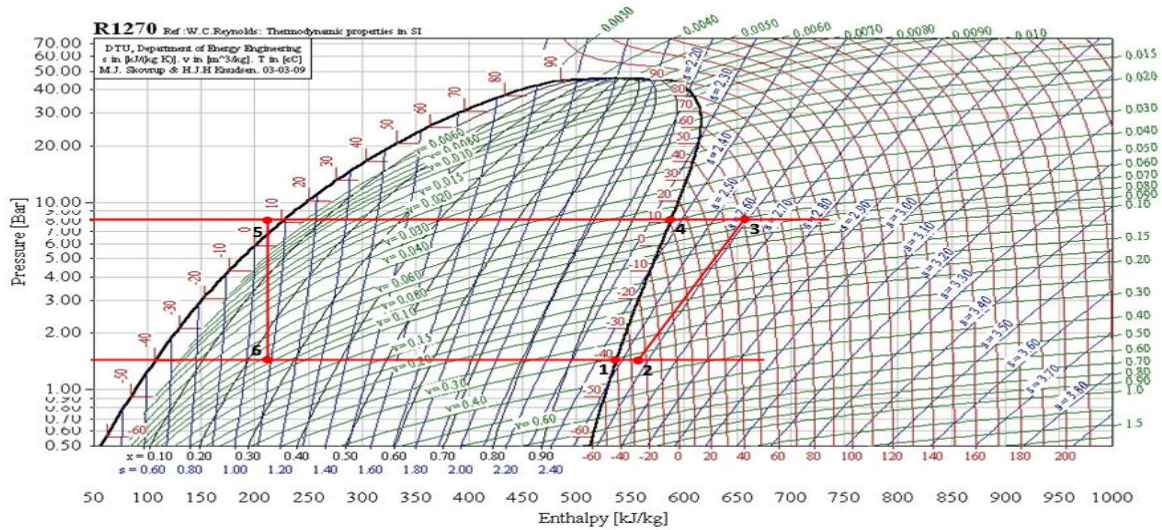
Робота витрачена у нижньому каскаді:

$$l_{1 \text{ каск}} = h_3 - h_2$$

$$660 - 560 = 100 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right)$$

R1270, CH₃CH=CH₂, Propene (propylene)

T_{critical} = 91.75 °C, p_{critical} = 46.13000 Bar, v_{critical} = 0.00441 m³/kg



R134a, CH₂FCF₃, 1,1,1,2-tetrafluoroethane

T_{critical} = 101.10 °C, p_{critical} = 40.67000 Bar, v_{critical} = 0.00195 m³/kg

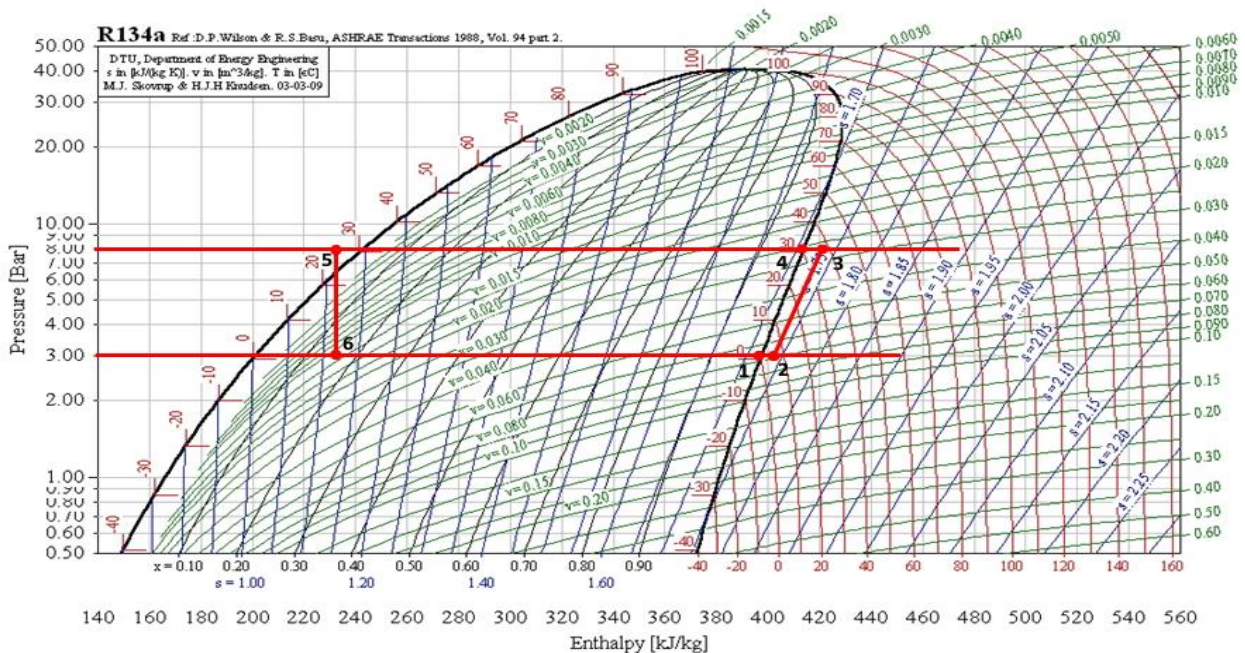


Рис.2. Цикл нижнього каскаду

Сумарна робота:

$$l_{1\text{каск}} + l_{2\text{каск}} = 100 + 20 = 120 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right)$$

Таким чином зробивши порівняльний аналіз двоступеневої і каскадної УВСГ можемо зробити висновок, що каскадна система являється набагато енергоефективна ніж двоступенева УВСГ. Сумарна затрата на стиснення газів двоступеневої УВСГ більша ніж каскадної на 105 $\left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right)$. У зв'язку з цим на судах

газовозах перевага повинна бути надана каскадні системам вторинного скраплення газів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зайцев В.В., Коробанов Ю.Н. Суда-газовози. – Л.: Судостроение, 1990 – 304с.
2. С.Э. МакИнтош, П.Г. Ноубл, Дж. Роквелли и К.д. Рамлахан. Морская транспортировка природного газа// Нефтегазовое обозрение, 2008. Том 20, №2: 58-73.

УДК 629.123

Кардаш В.П., Дица В.В.

Національний університет «Одеська морська академія»

Особенности перевезення углеводнів судами

Проблема забезпечення надійної експлуатації та вибухо- та пожежо- безпечної роботи трубопроводів та систем зберігання нафти та нафтопродуктів є найважливішим завданням на сьогодні.

Для забезпечення належної якості нафтопродуктів у системах трубопроводів використовуються різні фільтри та системи очищення кінцевого продукту нафтопродуктах використовуються також різні присадки та сорбенти. Все це разом зі збільшенням продуктивності системи перекачування виводить на 1 місце проблему виникнення статичної електрики у трубопроводах та системах зберігання нафти та нафтопродуктів.

Статична електрика породжує Трубопровідний транспорт та система зберігання нафти та нафтопродуктів ряд проблем, серед яких головними є захист від пожеж та вибухів.

У зв'язку з цим виникає необхідність розробки сучасної системи контролю та управління статичної електризації нафтопродуктів, що протікають трубопроводами і завантажуються вантажні танки.

Електризація нафти приїду руху в трубопроводах є причиною попадання зарядів статичної електрики в резервуари і сховища нафтопродуктів, що сприяє виникненню іскрового заряду парогазової атмосфери сховища і кома в кінцевому рахунку, може призвести до важкої аварії. Звідси впливає важливість прогнозування виникнення небезпечних ситуацій у резервуарах-сховищах та забезпечення необхідного рівня безпеки та надійності експлуатації останніх.

У зв'язку з цим дуже актуальними є роботи з удосконалення методів розрахунку процесів електризації нафти в трубопроводах і кома зокрема, підвищення точності розрахунку.

Нафта, що транспортується трубопроводами, завжди містить якусь кількість домішок, таких як: присадки, вода, бульбашки повітря або іншого газу і т.п. молекули яких у такому розведеному розчині дисоціює певною мірою на позитивно та негативно заряджені іони.

Властивості органічних рідин і, зокрема, нафти електризуватися, у ряді випадків призводить до запалення за рахунок дії іскрових розрядів, що виникають у середовищі горючих газів над рідиною.

Для пояснення появи електростатичних заряду в нафтосховищах доречно використовувати загальновизнане уявлення про подвійне електричне слово утворюваному трубопроводі на межі розділу твердої і рідкої фаз враховуючи, що в металах як рухомих носіїв заряду виступає електрони тим більше що в більшості випадків, використовуються катодний захист трубопроводів, наступна фізична модель електризації.

Електризація нафтопродуктів відбувається за різних технологічних процесах:

1. Протікання нафтопродуктів трубопроводами
2. Проходження нафтопродуктів через технологічне обладнання, таке як фільтри, засувки, насоси, клапани та ін.
3. Збір та перемішування нафтопродуктів у резервуарах-сховищах.

При протіканні нафтопродуктів трубопроводами відбувається електризація рахунок поділу зарядів на межі розділу фаз рідини і твердого тіла, що описується теорії електризації рідини в трубопроводах. Процес наповнення відбувається перемішування нафтопродукту під дією струменя нафтопродукту, що надходить, якщо надходять нафтопродукт несе в собі електричний заряд, то він буде розподілений по всьому обсягу резервуара.

Заряд обсягом нафтопродуктів створює електричне полі усередині резервуару сховища. Напруженість електричного поля над поверхнею нафтового дзеркала може бути дуже високою і досягає пробивних значень.

Спочатку при надходженні нафти в трубопровід вона приймається електрично нейтральною при протіканні нафти по трубі на поверхні труби утворюються подвійний електричний шар, причому метал поверхні труби заряджається негативно. У свою чергу шари нафти у поверхні металу заряджені конгломерати молекул міцели. Згаданий позитивно заряджений шар нафти підрозділяється на 2 підшари: мономіцелярний шар Гельмгольца, жорстко пов'язаний з поверхнею металу, і дифузний підшар Гуї. Цей процес триває до повного стікання на трубу позитивних зарядів і у результаті нафта заряджається негативно.

Інтенсивність електризації нафти, що залежить від швидкості потоку в трубі, наявність домішок, солей, води, температурою тощо, визначає довжину ділянки трубопроводу, на якому досягається максимально можливий негативний заряд нафти. Величина об'ємна щільність цього заряду і визначає, зрештою, напруженість електричного поля в газовому просторі нафтосховища. Саме значення напруженості електричного поля в пароповітряному середовищі над поверхнею рідини, що охороняється в резервуарі, природно прийняти як критерій небезпеки накопичення електричного заряду та оцінки вибухонебезпечності ситуації. При досить швидкому заповненні резервуару відбувається інтенсивне перемішування частинки в резервуарі. Можна зробити припущення про початковий рівномірний розподіл заряду в резервуарі, проте через деякий час

відбувається зменшення зарядів частинок, розташованих ближче до стін заземленого резервуара рахунок поступового стікання заряду на землю.

Згідно з даними ряду досліджень, величина об'ємної щільності заряду коливається в межах від 10 до 10 кулон на метр кубічний. З отриманих даних видно, що електричні потенціали, що виникають у нафтопродукті в резервуарі, заземленням днища, стінок і кришки в перші моменти після заповнення, при рівномірному розподілі статичних зарядів, у кілька разів більше, ніж у резервуарі, де частина зарядів вже скла утворилася так звана синусно-косинусна. розподіл зарядів.

Найбільш критичною з погляду пробою газової фази вибухонебезпечності, виявляється поверхня нафти в нафтовому резервуарі точка, де різниця потенціалів між цією точкою і заземленим металевим дахом резервуару лежить в діапазоні від $136 \cdot 10^6$ до $75 \cdot 10^6$ В.

Щоб виключити заряд статичної електрики в парогазовому просторі резервуара, необхідно знизити об'ємну щільність електричного заряду в нафтопродуктах до забезпеченої величини точку.

Параметром визначальним щільність електричного заряду нафтопродукті є кількість самих носіїв даного заряду, тобто концентрація потенційно визначальних іонів обсягом нафти.

Як відомо з техніки високої напруги, напруженість арктичного поля, при якій можливе іскроутворення для різних газових середовищ при нормальній температурі та тиску, становить близько $3 \cdot 10^6$ В/м.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Г.С. Хордас «Технічне кондиціонування повітря та інертних газів на судах»

УДК 621.564.3:629.5

Кардаш В.П., Мельник Є.В.

Національний університет «Одеська морська академія»

Особливості використання альтернативних холодоагентів

Фреон (холодоагент) – це хімічна речовина, яка виконує функцію перенесення тепла з **внутрішнього блоку** спліт-системи у зовнішній. За зовнішнім виглядом фреони являють собою безбарвний газ або рідину, що не має запаху. Фреон не горить на повітрі, тому є абсолютно пожежобезпечним. Застосовується він у різного роду холодильному обладнанні, а також в **кондиціонерах**.

Абревіатура "R", що з англійської refrigerant перекладається як "охолоджувач, холодоагент", була запроваджена "Хімічною Кінетичною Компанією". У майбутньому така назва стала застосовуватись для позначення всіх типів фреонів. Перші версії фреонів, хлорфторвуглеці (R12, R22) розпочали холодильну революцію, проте вони руйнували озонову кулю.

1 січня 1989 року набув чинності Монреальський протокол [2], в якому забороняється використовувати у складі холодоагентів речовини шкідливі для озонового шару, такі як хлор, що міститься в R12 і R22. На заміну їм прийшли гідрофторвуглеці (R410A, R134a, R404A та ін), які мають нульовий ODP (озоноруйнуючий потенціал). Однак, незважаючи на безпеку для озонового шару, вони і подібні до них речовини, що містять у собі фтор та його сполуки, значно продовжують впливати на глобальне потепління, що характеризується показником GWP.

З метою скоротити викиди парникових газів, в 2006 р. Парламент Євросоюзу опублікував Директиву про автомобільні кондиціонери (Mobile Air Conditioning Directive), що наказує з 1 січня 2011 р. заправляти кондиціонери нових машин тільки холодоагентами, потенціал глобального потепління. Директиви означало, що епосі, коли в більшості автокондиціонерів використовувався фреон R134a, чий ПГП близько 1430, настає кінець.

В якості заміни R134a автовиробники розглядали різні речовини, серед яких CO₂, пропан, ізобутан та R152a (дифторетан). Але у кожної з цих речовин свої серйозні недоліки: високий робочий тиск, низька термодинамічна ефективність, висока займистість або вибухонебезпечність. Тим часом виробники холодоагентів розробляли нові продукти, які б задовольняли запитам індустрії та норм Директиви про автомобільні кондиціонери.

Міжнародне суспільство автомобільних інженерів (SAE) вивчило в рамках спільної науково-дослідної програми (SAE CRP) всі наявні варіанти та зупинило свій вибір на холодоагенті HFO-1234yf як на рішенні, що відповідає новим європейським вимогам.

HFO-1234yf (R1234yf) - речовина, спільно розроблена компаніями DuPont та Honeywell. Його ПГП дорівнює 4, що на 99,7% нижче, ніж R134a.

Порівняємо ці два холодоагенти:

Название	R134a	Opteon® YF (R1234yf)
Химическая формула	CH ₂ FCF ₃	CF ₃ CF = CH ₂
Химическое название	1,1,1,2- тетрафторэтан	2,3,3,3- тетрафторпропан
Группа	фторуглероды (ГФУ; HFC)	гидрофторолефины (HFO)
Совместимость с маслами	PAG / POE	PAG для R1234yf/POE для R1234yf
Температура кипения при 1 атм.	-26°C	-29°C
Критическая температура	102°C	95°C
Критическое давление	41 Бар	34 Бар
ODP	0	0
GWP	1430	4

Як бачимо, фізичні властивості газів практично однакові, але коефіцієнт глобального потепління (GWP) набагато менше.

Щодо горючості нової речовини, то в огляді, випущеному SAE 10 листопада 2009 р., йдеться таке: «У разі займання автомобіля HFO-1234yf, як і інші матеріали, що використовуються в автомобілях, наприклад пластик, може спалахнути з утворенням небезпечних для здоров'я продуктів горіння. Однак невідомі документально підтверджені випадки, коли загоряння холодоагенту в автомобільному кондиціонері призвело до травм чи смерті».

Там же повідомляється, що «дія відкритого вогню на хладагенти, що містять фтор, може призвести до утворення фториду водню (HF)». Проте «аналіз

ризиків показав, що збіг обставин, за якого відбудуться витік HFO-1234yf та його загоряння, є надзвичайно малоімовірним. Відповідно, ймовірність утворення фториду водню також надзвичайно мала».

Більш того, «результати експериментів показали, у разі малоімовірного витоку хладагента — HFO-1234yf або R134a — у присутності відкритого полум'я (наприклад, бутанового пальника) кількість фториду водню, що утворюється, надзвичайно мала і приблизно однакова для обох хладагентів: HFO-1234. При цьому «за більш ніж 16 років використання R134a в автомобільній промисловості не отримано будь-яких документально підтверджених даних про шкоду здоров'ю, викликану фторидом водню, що утворився при випадковому витоку R134a».

Іншими словами, багато разів перевершуючи R134a за екологічністю, HFO-1234yf як мінімум настільки ж безпечний при пожежі.

Характеристики: Фреон R1234YF

Фреон Opteon 1234yf – прозорий, безбарвний, зріджений під тиском газ. Нетоксичний. Класифікується як слабозаймистий, проте випробування показали, що цей газ не спалахує у звичайних умовах, і, при використанні в автомобільних кондиціонерах, так само безпечний, як і R134a.

Фреон Opteon 1234yf задовольняє найсуворіші вимоги стандартів з охорони навколишнього середовища. Розпадається на нешкідливі компоненти та зникає з атмосфери протягом 11 днів, на відміну від хладагента R134a, що залишається у навколишньому середовищі близько 13 років.

R1234yf Технічні характеристики:

Молярна маса, г/моль - 114

Щільність за 25 °C, г/см³ - 1,1

Температура кипіння при тиску 0,1013 МПа, °C - 29

Температура самозаймання, °C - 405

Критична температура, °C - 95

Критичний тиск, МПа – 3,4

Озоноруйнуючий потенціал (ODP) - 0

Потенціал глобального потепління (GWP) - 4

Клас небезпеки за стандартом ASHRAE-A2L

Особливості нового холодоагенту R1234yf:

Найголовніша перевага R1234yf - він більш екологічний і відповідає сучасним нормам викидів в атмосферу.

Однак новий газ є більш складним та небезпечним по відношенню до попереднього, а саме:

R1234yf є займистим, що накладає на порядок більше вимог до конструкції кліматичних систем та обладнання їх обслуговування. На нових автомобілях, заправлених новим газом, будуть клеїтися великі жовті наклейки з відповідними попередженнями.

Новий холодоагент вимагає більш точних вимірювань та дозування при його перезаправці.

При використанні R1234yf повинна виключатися небезпека забруднення (олією, ін. газом, ін.).

Починаючи з 2011 року, всі нові автомобілі (з масою менше 3,5 т) з двигунами нової омологації після 1.01.2011 р. повинні будуть використовувати систему кліматизації повітря з новим типом холодоагенту — R1234yf. Це нові чинні міжнародні нормативи у галузі охорони навколишнього середовища, які розповсюджуються абсолютно на всіх автовиробників із усіх країн світу.

Крім фреону для заправки кондиціонера автомобіля Ви можете придбати в інтернет-магазині InSafe додаткове обладнання для роботи. Ціни уточнюйте у менеджерів по телефону або будь-яку іншу форму зв'язку.

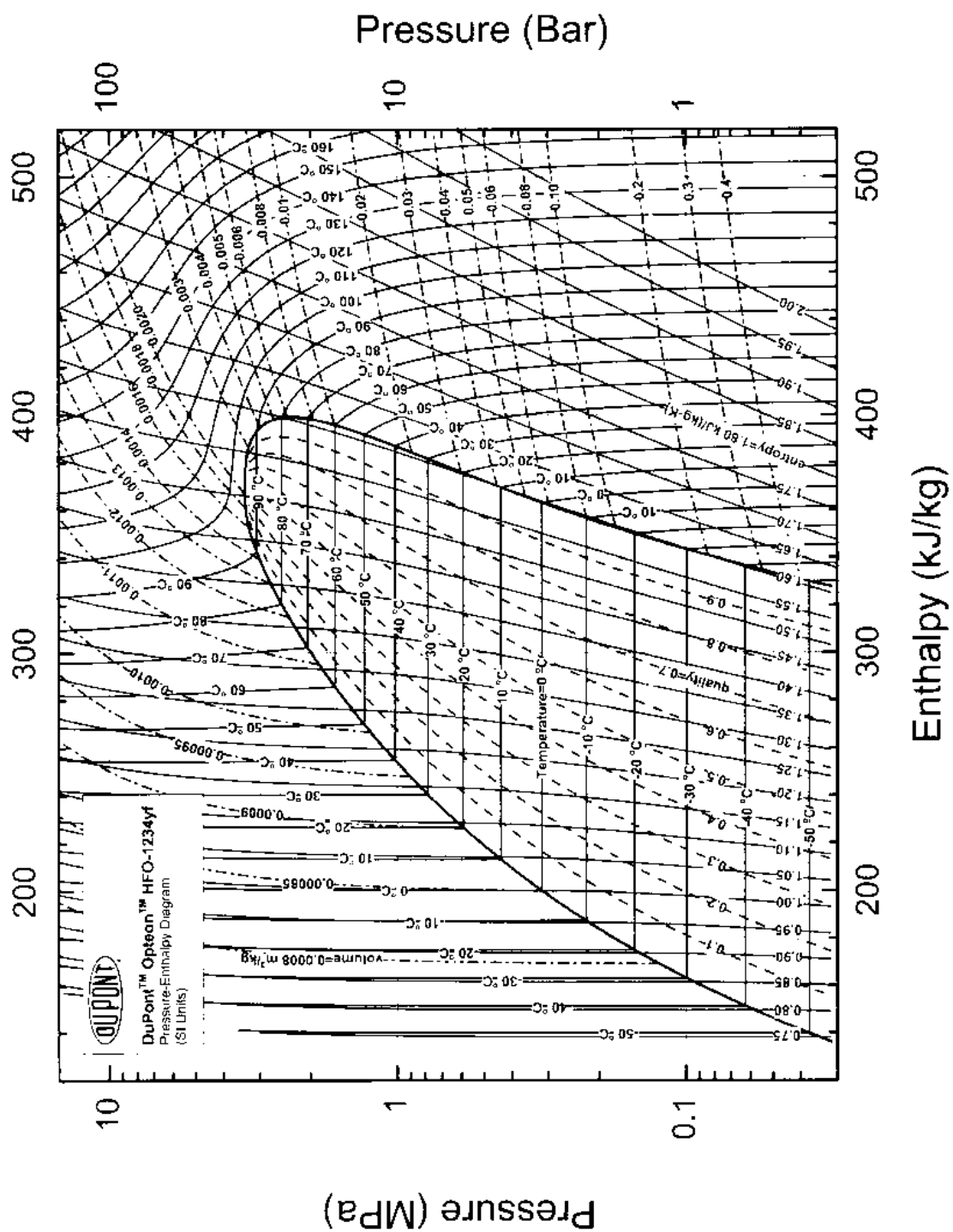
	R1234yf (HFO)	R1234ze (HFO)	R134a (HFC)
ASHRAE Safety Group^a	A2L	A2L	A1
GWP^b	4	7	1430
ODP^c	0	0	0
Critical pressure (MPa)^d	34	36	41
Critical temperature (°C)^d	95	109	101
Boiling point at 1 atm (°C)^d	-29	-19	-26
ASHRAE flammability	Yes (low)	Yes (low)	No
ASHRAE toxicity	No	No	No

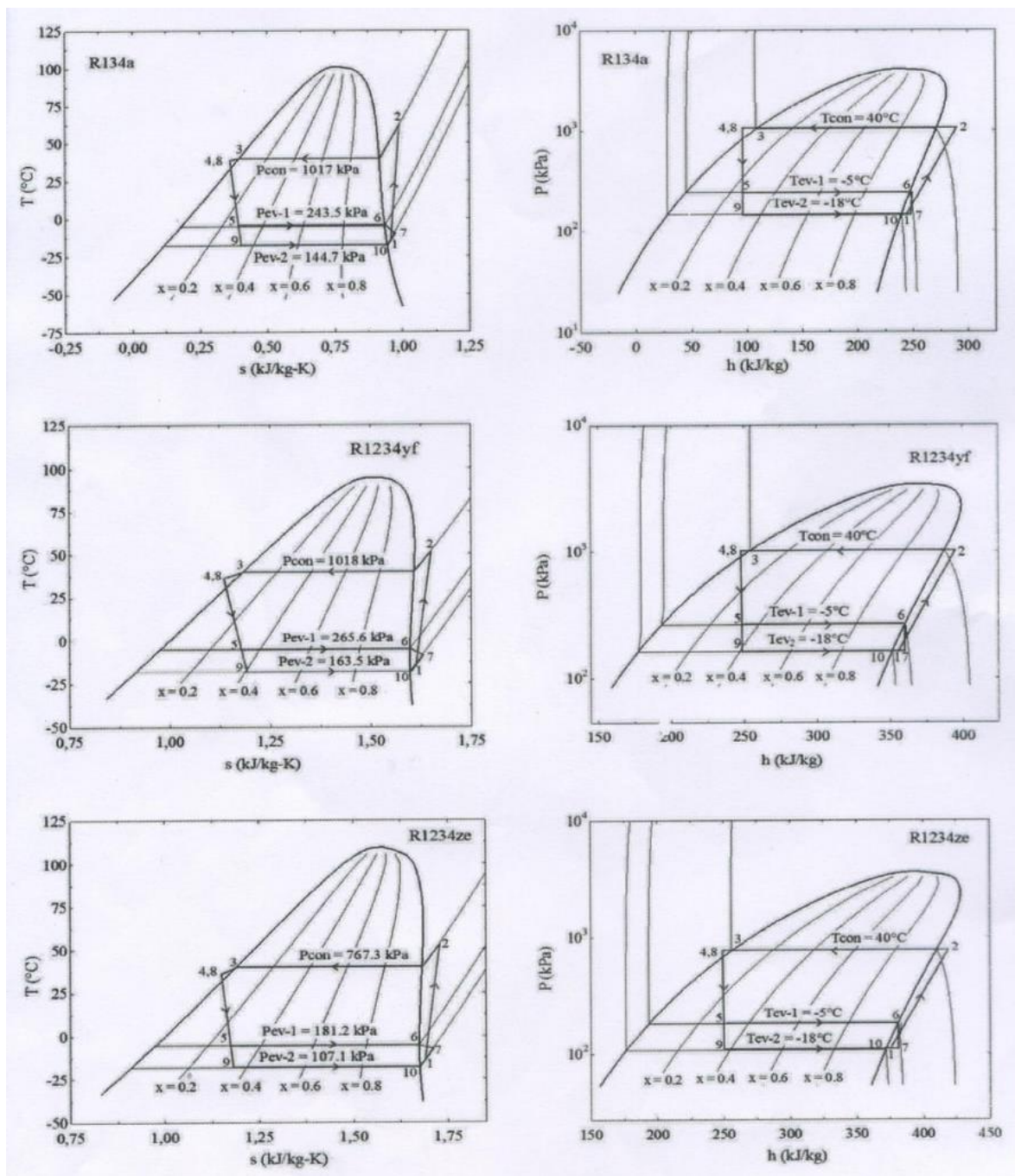
^a ANSI/ASHRAE Standard 34-2010.

^b Global Warming Potential (100 years) (IPCC 4th Assessment report (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007))).

^c Ozone Depletion Potential, United Nations Environment Program (UNEP (2012)).

^d NIST REFPROP version 9.0, manufacturers' published data (Lemmon et al., 2010).





СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

Бабкин Б. С., Стефанчук Е.Е., Ковтунов В.И., Альтернативные хладагенты и сервис холодильных систем на их основе М. «Колос», 2009. 159с.

Бриганти А. Руководство по техническому обслуживанию холодильных установок и установок для кондиционирования воздуха, - М. Евро. 2004. С 218-221.

Котзаогланиан П. Пособие для ремонтника. Справочное руководство по монтажу, эксплуатации, обслуживанию и ремонту современного оборудования холодильных установок и систем кондиционирования. Перевод с французского В. Б. Сапожникова. – М.; Эдем, 2007. 864 с.

Цветков О.Б. холодильные агенты . СПб., СПбГУНиПТ, 2004, 216 с.

Ольшамовський В.С., Боштан І.В.

Національний університет «Одеська морська академія»

Підвищення ефективності охолоджуючих холодильних систем

Olshamovsky V.S., associate professor of SAM and RE, Boshtan I.V., fifth-year cadet ESIE.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF COOLING REFRIGERATION SYSTEMS

Анотація

У статті наводяться можливі шляхи зниження енергоспоживання судновим холодильним обладнанням, що приведе до зниження викидів шкідливих речовин дизелями генераторів в навколишнє середовище.

Пропонується досягнути зниження енерговитрат шляхом збільшення активної поверхні теплообміну з сторони повітря, зменшення гідравлічного опору руху повітря через повітроохолоджувач, спрощення умов роботи вентилятора та використання сучасних електродвигунів.

Збільшення активної поверхні теплообміну пропонується шляхом додавання індивідуального РТО до кожного повітроохолоджувача холодильної системи та винесення термобалона після РТО, що призведе до необхідного перегріву холодоагенту безпосередньо у РТО. А також пропонується збільшення активної поверхні теплообміну шляхом заміни механічних ТРК на електроні, що призведе до зменшення перегріву холодильного агента в випарниках до $1 \div 2$ °С.

Ключові слова: озоновий шар, глобальне потепління, холодильна установка, енергоспоживання, повітроохолоджувач, оптимізація.

Anotation

The article presents possible ways to reduce energy consumption by marine equipment, which will reduce emissions of diesel generators into the environment.

It is proposed to achieve a reduction in energy consumption by increasing the active heat transfer surface on the air side, reducing the hydraulic resistance of air movement through the air cooler and facilitating the operating conditions of the fan.

Increasing the active heat transfer surface is proposed by adding individual RTO to each air cooler system and removing the thermocouple after RHE, which will lead to the necessary overheating of the refrigerant directly in RHE. It is also proposed to increase the active surface of heat exchange by replacing mechanical TRV with electronic, which will lead to overheating of the refrigerant to $1-2$ °C.

REFRIGERATION PLANT, POWER CONSUMPTION, AIR COOLER, OPTIMIZATION, HEAT TRANSFER.

Головною екологічною проблемою, яка виникла практично перед усіма видами промисловості і транспорту є руйнування озонового шару атмосфери Землі, що веде до зміни клімату в результаті глобального потепління. Посилюванням цих проблем сприяє так само високе енергоспоживання обладнанням

суднових систем і допоміжних установок таких, як: системи вентиляції та опалення, холодильні установок технологічного і комфортного кондиціонування повітря, що викликають підвищену витрату палива дизель-генераторами.

Прийнявши Кіотський протокол, Європейський союз зобов'язався до 2020 року знизити викид CO₂ як мінімум на 20%. Щоб досягти цієї мети, покликаній не допустити подальшої зміни клімату, ЄС прийняв у 2005 році директиву про продукти кінцевого енергоспоживання (EuP - Energy using Products-Directive). У 2009 році вона була перейменована в директиву про продукцію, пов'язаної з енергоспоживанням (ErP - Energy related Products-Directive). Згадана директива служить основою для визначення можливостей підвищення економічності різних об'єктів, пов'язаних з енергоспоживанням, і для закріплення мінімальних вимог до таких об'єктів.

У червні 2010 року були встановлені обов'язкові граничні показники ефективності для електродвигунів та вентиляторів, незалежно від того, чи працюють вони самостійно або є складовою частиною приладу, або установки. Під дію цих нормативів підпадають численні області застосування електродвигунів і вентиляторів: від систем вентиляції, холодильних установок і техніки для кондиціонування повітря - до машинобудування та обчислювальної техніки.

В умовах дефіциту енергетичних ресурсів проблема їх раціонального використання при експлуатації суднових допоміжних установок суден лежить в економії палива. Один із способів її вирішення на морському флоті полягає в більшій енергоефективності суднових силових та допоміжних установок.

Підвищення ефективності використання палива на дизельних судах досягається підвищенням ефективності окремих суднових допоміжних установок, що входять в енергетичну систему судна, шляхом поліпшення їх конструкції та використання більш сучасних технологічних схем, поліпшення параметрів термодинамічного циклу за рахунок використання прихованих можливостей підвищення ефективності кожного елемента системи, використання сучасних приладів керування та оптимізації всієї системи охолодження, правильної технологічної експлуатації енергетичних установок.

Ефективна експлуатація суднових енергетичних установок може бути досягнута при умові правильного вибору режимів роботи всіх енергетичних систем та всіх елементів, впровадження сучасної технології технічної експлуатації, а також раціонального використання палив та масел.

За таких умов необхідно звернути увагу саме на технічну експлуатацію флоту, як найретельніше приділяти увагу технічному стану обладнання суднових систем, окремих механізмів установок, адже правильне використання, кваліфіковане обслуговування та своєчасна діагностика продовжує життя механізмів. Деякі з котрих, наприклад судові холодильні установки провізійних камер і систем технологічного і комфортного кондиціонування повітря, постійно знаходяться в експлуатаційному навантаженні. Підвищення ефективності роботи в цілому цих установок за рахунок більш раціонального використання прихованих можливостей окремих елементів схеми дозволить знизити енергетичні витрати на підтримання необхідних технологічних параметрів, що в кінцевому підсумку призведе до зниження витрати палива судовим енергетич-

ним обладнанням і поліпшення екологічного стану навколишнього середовища.

Холодильні установки використовуються на промислових, виробничих і транспортних рефрижераторних судах для технологічної обробки і зберігання швидкопсувних вантажів і на всіх судах морського і річкового флоту в системах комфортного кондиціювання повітря та збереження запасу провізії. Також холодильні машини застосовують для осушення повітря в трюмах суховантажних суден і танках нафтоналивних суден, на танкерах, що перевозять зріджені гази.

Для підтримки режимів технологічного та комфортного кондиціювання повітря на сучасних судах найбільшого поширення получили парокомпресійні холодильні машини і установки, що працюють на різних холодильних агентах.

Ефективність роботи охолоджувальної системи холодильної установки впливає на її енергоспоживання, що в свою чергу позначається на витраті палива. Можливість зниження енергоспоживання холодильною установкою буде розглянута, як приклад, на суднової паро-компресійної холодильної установки для провізійних камер судна (рис 1)

Щоб забезпечити підтримку температури технологічного режиму, температура кипіння робочої речовини в випарнику має протікати при температурі нижче температури охолоджуваного об'єкта на $6 \div 10$ °C.

Ефективність роботи охолоджувальних пристроїв холодильних установок визначається ступенем заповнення киплячим холодильним агентом. Про ступінь заповнення охолоджувальних пристроїв судять по перегріву холодильного агенту, що виходить з охолоджувальних пристроїв. Під перегрівом розуміють різницю температур між температурою холодильного агенту, що виходить з охолоджувального пристрою і температурою його кипіння.

У схемах, де отримана в охолоджуючому приладі пара холодильного агенту потрапляє безпосередньо в компресор, не можна підтримувати 100 % заповнення киплячим холодильним агентом, так як через неточності регулювання, або різкого збільшення теплового навантаження в компресор може надходити паро-рідинна суміш холодильного агенту, що:

- створює загрозу роботи компресора вологим ходом;
- знижує холодопродуктивність компресора;
- погіршує роботу системи змащення компресора;
- сприяє руйнуванню клапанів компресора;
- попадання великої кількості рідкого холодильного агенту в компресор може викликати гідравлічний удар.

Середнє значення перегріву пари в охолоджуючих пристроях діючої холодильної установки при використанні механічних терморегулюючих клапанів (ТРК) становить від 5 до 15 °C. Підтримання таких значень перегріву пари з одного боку потрібно для нормальної роботи механічних терморегулювальних вентилів, які широко використовуються в даний час на суднових холодильних установках. З іншого боку таке перегрівання призводить до зниження активної поверхні охолоджуючих пристроїв, що в свою чергу вимагає збільшення зага-

льної поверхні охолоджувальних пристроїв або зниження температури кипіння холодильного агента. Зниження температури кипіння холодильного агента на 1°C призводить до збільшення споживаної енергії холодильною установкою на $1,5 \div 2 \%$.

В діючих схемах холодильних установок передбачають рекуперативні теплообмінники для зменшення необертових втрат при дроселюванні холодильного агента в регулюючих клапанах ,

Рекуперативний теплообмінник звичайно знижує температуру рідкого холодильного агента перед ТРВ, що призводить до збільшення питомої холодопродуктивності холодильного агента та підвищує температуру пари що надходить в компресор, тим самим захищає компресор від роботи вологим ходом.

Невелике підвищення температури пари покращує енергетичні показники фреонових компресорів за рахунок:

- збільшення об'ємного коефіцієнту подачі компресора;
- зменшення кількості розчиненого холодильного агента в маслі, яке повертається в компресор.

В схемах існуючих холодильних установках, які працюють на фреонах передбачено використання механічних терморегулюючих клапанів. Кріплення датчика температури –термобалона терморегулюючих клапанів здійснюються на всмоктуючому трубопроводі безпосередньо на виході з повітроохолоджувача. Перегрів пари необхідний для нормальної роботи ТРК здійснюється в повітроохолоджувачі, що в свою чергу зменшує активну поверхню в повітроохолоджувачі, яка активно працює за рахунок киплячого холодильного агента. Поверхня випарника холодильної установки, де пара перегрівається, працює з значно меншим коефіцієнтом теплопередач і становить до 15% загальної внутрішньої геометричної поверхні повітроохолоджувача.

Проаналізувавши існуючі схеми, було виявлено наступне:

повітроохолоджувачі працюють не ефективно, так як ТРК вимагають перегрівання холодильного агента на $7 \div 10^{\circ}\text{C}$., перегрів здійснюється в повітроохолоджувачах, що знижує активну робочу поверхню;

-зниження активної робочої поверхні охолоджуючого пристрою та великий перегрів пари в охолоджуючому пристрої (повітроохолоджувачі) викликає необхідність зниження температури кипіння та тиску насичення холодильного агента, що приводить до:

- підвищення ступеня стиску холодильного агента;
- підвищення температури нагнітання;
- підвищення витрат електричної енергії компресором;
- в холодильних камерах спостерігаються підвищені коливання температури повітря викликані інерційністю ТРВ;

Збільшення активної робочої поверхні охолоджуючих приладів можна виконати за рахунок більш повного заповнення повітроохолоджувача киплячим холодильним агентом. Для реалізації цього способу підвищення активної робочої поверхні охолоджуючих приладів, що працюють з механічним ТРК, досить встановити кожному охолоджуючому приладу індивідуальний рекуперативний теплообмінник, в якому буде здійснюватися перегрів пари, необхідний

для роботи ТРК та переохолодження рідкого холодильного перед ТРК, що збільшити питому холодопродуктивність холодильного агента. Термобалон клапана необхідно кріпити після РТО по ходу руху пари холодильного агента, як показано на рис. 1.

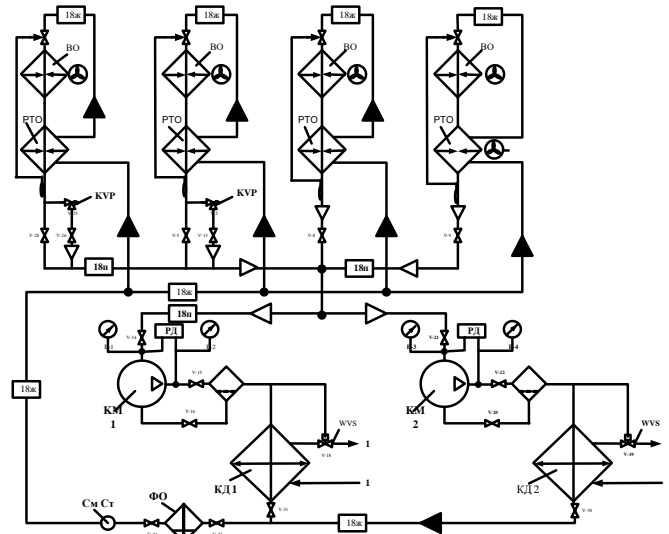


Рис.1 Схема холодильної установки з індивідуальними РТО і механічними ТРВ

Використання електронної системи заповнення випарника холодильним (рис.2) агентом також дозволяє збільшити його активну робочу поверхню за рахунок:

- більш точного визначення стану пари, що виходить з повітроохолоджувача по 2 параметрам – тиску і температурі;
- збільшення точності вимірювання температури перегріву пари холодильного агента;
- зменшення інерційності вимірювальних приладів та системи впорскування холодильного агента в випарник.

За рахунок використання електронної системи заповнення охолоджуючих приладів холодильним агентом ступінь перегріву пари можна підтримувати на рівні $1 \div 2$ °C, що також підвищує активну поверхню охолоджуючих пристроїв.

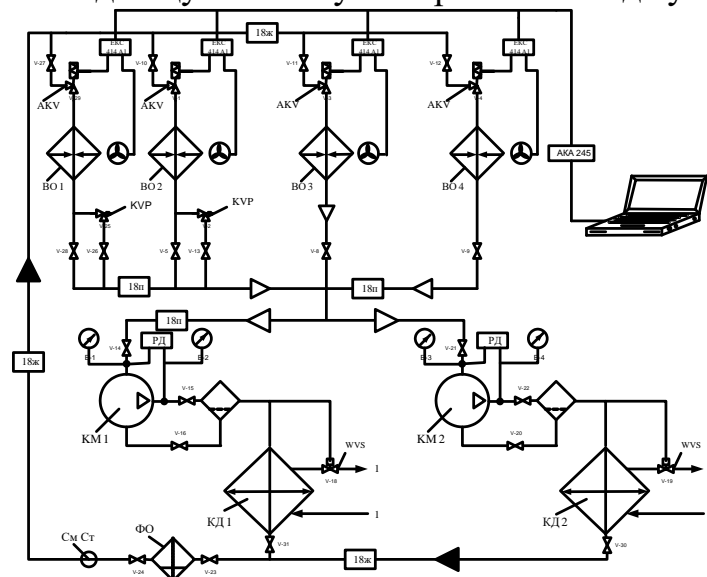


Рис.3 Схема холодильної установки з електронним керуванням системою охолодження

Висновки:

Досвід експлуатації холодильних установок показав, що для зниження енергетичних витрат холодильною установкою до 10÷15 % і поліпшення умов роботи низькотемпературних охолоджуючих пристроїв судових холодильних установок шляхом установки індивідуальних рекуперативних теплообмінників кожному охолоджуючому пристрою, або переводити систему керування роботи холодильної установки на електронну базу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ольшамовский В.С., Гоголь Н.И. " Шлях зменшення енергоспоживання холодильним устаткуванням". "Обладнання та технології харчових виробництв": тематич. Зб. Наук. Праць, вип. 29, Донецьк, ДНУЕІТ ім.. М. Туга Барановського, 2012.
2. Термостатические расширительные вентили с MOP (MaxImum Operating Pressure), Данфосс INFO REFRIGERATION & AIR CONDITIONING DIVISION №2/2009
3. Данфосс . Компоненты и решения Danfoss для оптимизации и энергоэффективности холодильных систем. Каталог, 2018 г.
4. Данфосс. Руководство по проектированию промышленных холодильных систем. Каталог, 2012 г.

УДК 621.431.004

Богач В.М., Костюченко Є.Ф., Єлінський І.Е.

Національний університет «Одеська морська академія»

Проблеми підвищення противозносної стійкості деталей ЦПГ

Форсування двигунів, застосування важких сортів палив з підвищеним вмістом сірки й збереження при цьому надійності роботи дизелів підвищує актуальність створення довговічних сполучень шляхом поліпшення міцностних характеристик з одночасним якісним їх мащенням.

Надійність і довговічність роботи судових дизелів у відомій мірі визначається швидкістю зношування сполучень ЦПГ.

Частково ці питання вирішуються:

- технологічними заходами, що підвищують зносостійкість циліндрових втулок, поршневих кілець і поршнів, за рахунок застосування якісних матеріалів, нанесення спеціальних покриттів, підвищення міцності поверхневих шарів матеріалу;
- експлуатаційними заходами - використанням якісних циліндрових масел, що містять спеціальні присадки і їх композиції, а також підвищенням ефективності роботи систем мащення.

Циліндрові втулки судових двигунів працюють у тяжких умовах. Внутрішня частина втулки піддається впливу не тільки гарячих газів, але і є поверхнею тертя поршневих кілець і тронка. У зв'язку із цим одним з типових дефектів циліндрових втулок є підвищений, або нерівномірне зношування.

При роботі деталей у режимі граничного мащення, коли мастильний матеріал подається в зону тертя періодично, необхідно на контактуючих поверхнях створювати певні мікрорезервуари для розміщення запасів мастильного матеріалу. У цьому випадку добре використати для обробки поверхонь тертя деталей віброобкатку, алмазне вигладжування або накатку роликками.

У процесі роботи мастильна плівка зношується, і в зону тертя необхідно вводити нові порції мастильного матеріалу. Тому важливим фактором для забезпечення високої надійності й довговічності встаткування є правильний вибір режиму змазування, тобто визначення дози мастильного матеріалу й частоти його подачі (для систем, що змазують періодично). Варто відмітити, що підвищення витрати мастильного матеріалу не знижує коефіцієнту тертя й інтенсивності зношування, але приводить до значної перевитрати мастильних матеріалів і забруднює машину.

Аналіз і статистична обробка даних суднової звітної документації дозволяють із достатньою вірогідністю визначити причини інтенсивного зношування. Підвищеному зношуванню втулок передують поломка або інтенсивні зношення поршневого кільця. Зона максимального зношування розташована на рівні першого поршневого кільця. При інтенсивному зношуванні найбільше вироблення втулки зміщується в пояс між третім і четвертим кільцем. У цьому поясі канали охолодження нижньої й верхньої частин втулки перебувають в 1,5 рази далі від робочої поверхні, ніж у верхньому поясі.

Дослідження, проведені безпосередньо на двигунах, дозволили встановити, що при досягненні температури кільця 175°C зношування втулки починає поступово збільшуватися, а при досягненні 200°C воно стає катастрофічним. При температурі приблизно 240°C виникає небезпека задирання. Для судових двигунів такі випадки звичайно приводять до руйнування циліндрової втулки, тронка поршня й виходу судна з експлуатації.

Можливими причинами задирань можуть бути: невідповідність мікроструктури металу кілець і втулки, порушення режиму мащення, зміна геометрії тронка, несправності паливної апаратури і т.п..

Як показують результати випробувань на лабораторній установці (рис.1), зношування поршневих кілець є найменшим для матеріалів, оброблених металізацією. При цьому значне зношування циліндрових втулок вимагає застосування таких кілець у комбінації зі зносостійкими гільзами.

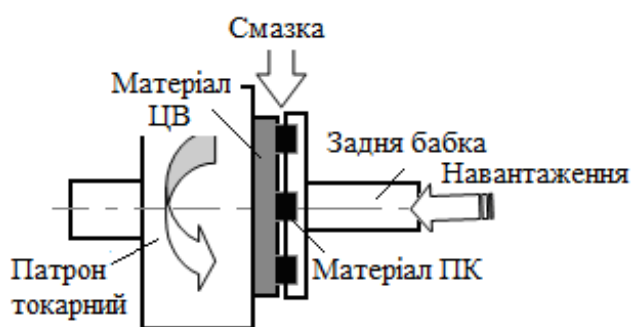


Рис. 1 Дослідна установка



Рис. 2 Натирання на дзеркалі втулки

Задирання виникають не тільки в силу специфічної комбінації кілець із гільзою, але й за рахунок певних їх робочих умов. При виникненні задирань знижується робоча якість дизелів, аж до виходу їх з ладу.

За результатами випробувань на зносостійкість найкращий показник у матеріалів оброблених металізацією, а самий гірший - у чавуну з кулясто-графітовою структурою. Разом зі зростанням термічного навантаження дизелів у силу збільшення їхньої вихідної потужності виник сумнів у стійкості до задирань твердого хромування, що застосовувалося як найбільш надійний процес поверхневої обробки.

Ризик неконтрольованого зношування зростає при експлуатації двигуна з надмірно зношеними поршневими кільцями й втулками циліндрів, а також з незадовільно працюючими паливними апаратурами й системою воздухообміну. Тому особливо важливо стежити за технічним станом цих елементів в експлуатаційних умовах.

Якщо зношування циліндрових втулок 2-тактних МОД у середньому становить 0,02...0,05 мм/1000 годин, а зношування втулок СОД ще нижче, то зношування поршневих кілець значно вище й орієнтовно становить 0,2...1,0 мм/1000 годин. Провідні виробники поршневих кілець рекомендують замінити їх при зменшенні їхньої радіальної товщини на 15...20% - це відповідає 5000...15000 годинам роботи. До цього часу через зменшення товщини, сили пружності кільця падають на 50%. Сюди варто додати зменшення пружних властивостей матеріалу кільця під впливом термічних навантажень. У свою чергу, втрата пружності викликає колапс (вібрацію) кілець і їхню поломку.

Радіальне зношування кілець приводить до збільшення зазору в замку, що супроводжується збільшенням прориву газів через замок і посиленням перегріву кінців кільця, здуванням масла й іншими, пов'язаними із цим наслідками. Пропуск газів через кільця внаслідок їхнього нещільного прилягання визначають по появленню на кільцях місцевих плям опіку, а на втулці - темних смуг (рис. 2).

Накопичений експериментальний і теоретичний матеріал дозволяє управляти процесами фрикційної взаємодії деталей стосовно до конкретних умов їхньої роботи, прогнозувати величину зношування, а також підвищити їх зносостійкість. Проведені лабораторні дослідження показали, що якість кілець суднових дизелів, далекі від досконалості.

Усунення причин інтенсивних зносів циліндрових втулок і поршневих кілець можливо шляхом забезпечення на всіх режимах роботи двигуна міцної масляної плівки між парами тертя. Рішення цього завдання може бути досягнуте як застосуванням більш якісних циліндрових масел, так і використанням поршневих кілець із високими протизносними властивостями.

Богач В.М., Довиденко Ю.М., Шебанов А.М.
Національний університет «Одеська морська академія»

Особливості лубрикаторних систем сучасних МОД

Одним з перспективних шляхів підвищення ефективності організації процесу змазування деталей ЦПП є застосування нових систем з електронним регулюванням подачі масла. Однак створення й широке використання таких систем обмежується малою вивченістю їхньої ефективності й суперечливістю існуючих даних про експлуатаційну надійність.

Експлуатаційними випробуваннями підтверджено, що вдосконалювання таких систем є ефективним напрямком підвищення економічних показників роботи суднових дизелів.

Енергетична криза змусила виробників МОД перейти до створення двигунів з більшим відношенням ходу поршня до діаметра циліндра. Збільшення ходу поршня компенсувало зниження частоти обертання й дозволило зберегти на колишньому рівні циліндрову потужність.

У зв'язку з новими показниками відносини ходу поршня до діаметра циліндра (S/D) двигунів нових типорозмірів, значно збільшилася довжина робочої частини циліндрової втулки, що призвело до виникнення проблем у роботі лубрикаторних систем цих дизелів.

У МОД витрати на циліндрове масло займають одне із провідних місць. Скорочення його витрати навіть на 0,1 г/кВт-ч представляє важливу щорічну економію для судновласників.

Для одержання оптимального ефекту, що не завжди забезпечується звичайними лубрикаторами фірми розробили й приступила до застосування на суднових двигунах нових - електронних систем змазування.

В основу нової системи покладений принцип упорскування певного обсягу масла в циліндр, шляхом керування рухом плунжера. За твердженням розроблювачів системи, точний вибір часу упорскування, забезпечує надходження всього циліндрового масла, що нагнітає плунжер, безпосередньо до поршневих кілець.

Осцилографування процесів, що протікають у системі (рис.1), спростовує це твердження, оскільки рух плунжера й пов'язане із цим відкриття клапана штуцера не означає надходження масла до кілець, тому що за клапаном є ділянка каналу, яку масло ще повинне пройти, перш ніж воно з'явиться в зоні пари тертя.

На відміну від механічного лубрикатора, гідравлічний привід забезпечує плавне й безперервне переміщення плунжера мастильного модуля "Pulse" (рис.2) протягом деякого короткого часу, після чого плунжер робить хід усмоктування.

Аналіз конструкції системи "Pulse" показує, що фактично новим є: керований комп'ютером гідравлічний привід плунжерів (замість механічного) і забезпечення зв'язку з навантаженням двигуна. Застосування комп'ютера в електричній схемі лубрикатора створює передумови для регулювання порцій масла

залежно від процентного вмісту сірки в паливі, і лужного числа циліндрового масла.

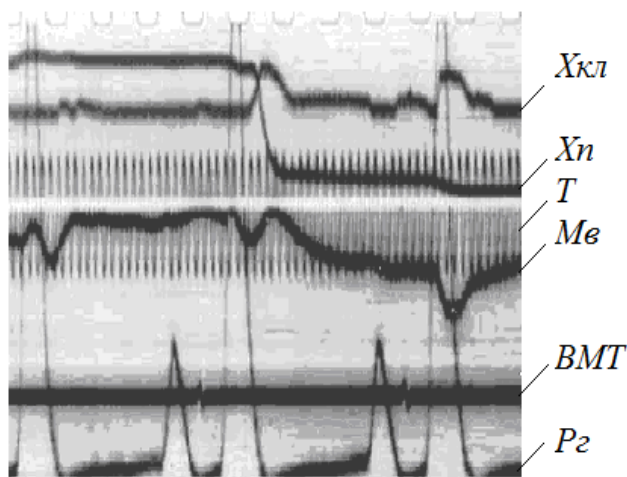


Рис. 1. Осцилограма маслоподачі

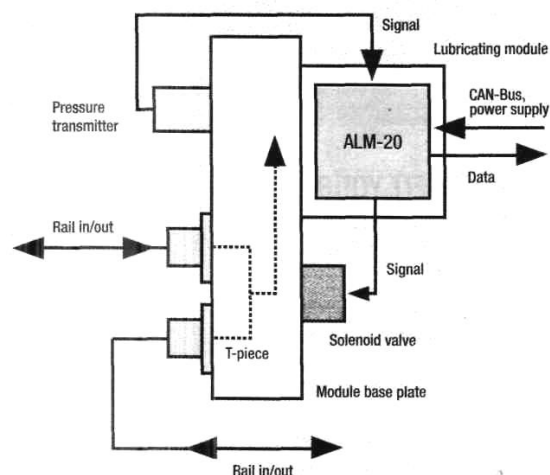


Рис.2 Мазильний модуль "Pulse"

У більшості двигунів, масляні канали виконуються у верхній частині циліндрової втулки, найчастіше у два ряди, де тиск імпульсів газу в області каналів дорівнює 1,5...3 МПа.

Розкриття циліндрів показують наявні натирання на поверхні дзеркала втулки (рис.3а), напроти отворів, що вказує на нерівномірне надходження масла й, як наслідок цього, появу доріжок нагару на голівці поршня (рис.3б), що приводять до заповнення зазору між поршнем і втулкою й виникненню абразивного зношування.

а)



б)



Рис. 3. Натирання на поверхні зеркала втулки (а) і нагари на поршні (б)

Електронна система змазування забезпечує також автоматичне дозування циліндрового масла залежно від складу відпрацьованого масла. Постійний контроль за станом циліндра й змістом сірки в паливі за допомогою електронної системи змащення, забезпечує економію циліндрового масла поряд зі зменшенням зносів і запобіганням задирань.

Проте, аналіз стану деталей ЦПГ при розкритті циліндрів вказує на недостатню ефективність існуючих електронних систем мащення, що зажадало

проведення досліджень за їхньою роботою в експлуатаційних умовах на різних режимах роботи ДВЗ.

Як показали результати розкриттів циліндрів, повністю виключити зустріч масла з голівкою й днищем поршня не вдалося. Як і на двигунах обладнаних лубрикаторною системою, є доріжки нагару на бічній поверхні поршня напроти крапок підведення мастила. Це вказує на надходження масла концентрованими порціями, які досягають бічної поверхні голівки поршня над першим компресійним кільцем і погіршують розподіл його по окружності циліндра.

Остання обставина підтверджується також слідами натирань розташованих уздовж утворюючі втулки, що проходять через мастильні отвори, значним закоксовуванням продувних вікон, існуванням зон інтенсивних зносів і забрудненням підпоршневого простору.

Отже, застосування нової системи мащення не вичерпало всі можливості поліпшення розподілу й ефективності використання масла в циліндрі, що вказує на необхідність більш детального вивчення досліджуваних процесів, з метою підвищення ефективності функціонування електронних систем.

УДК 621.891

Zhuravlov Yu.I., Yelinskyi I.E., Duranov O.P.
National University "Odessa Marine Academy"

Study of friction modes in the "shaft-sliding bearing" joints of marine technical means (MTM) parts

Features of modes of a friction in bearings of sliding and their influence on friction factor are considered. The carrying out technique of tribotechnical the tests is offered, allowing to define the most important antifrictional characteristics of pairs a friction.

Keywords: tests for a friction, antifrictional properties.

Nowadays friction tests are most often carried out with long running-in of rubbing surfaces under conditions as close as possible to real working conditions of "shaft-bearing sliding" couplings of MTM parts. At the same time, not all possible modes of friction are often in the field of view of the researcher and it is not possible to get an integral picture of the behavior of materials under friction.

As known [1], modes of friction in sliding bearings are defined by viscosity of lubricating liquid η , speed of relative motion (speed of sliding) of rubbing surfaces V and pressure (specific load) P , or more exactly the parameter $\eta \frac{V}{P}$, called characteristic of bearing friction mode.

A visual representation of the conditions of transition from one mode of friction to another is given by a Hersey-Stribeck diagram, which is the dependence of the friction coefficient k on the characteristic $\eta \frac{V}{P}$, (Fig. 1).

At this diagram, the line *aa* divides the friction areas for liquid and other types of lubrication. The liquid mode of lubrication is characterized by the fact that the rubbing solid surfaces are separated by a continuous film of lubricant, the thickness of which significantly exceeds the sums of the average heights of roughness of the contacting surfaces.

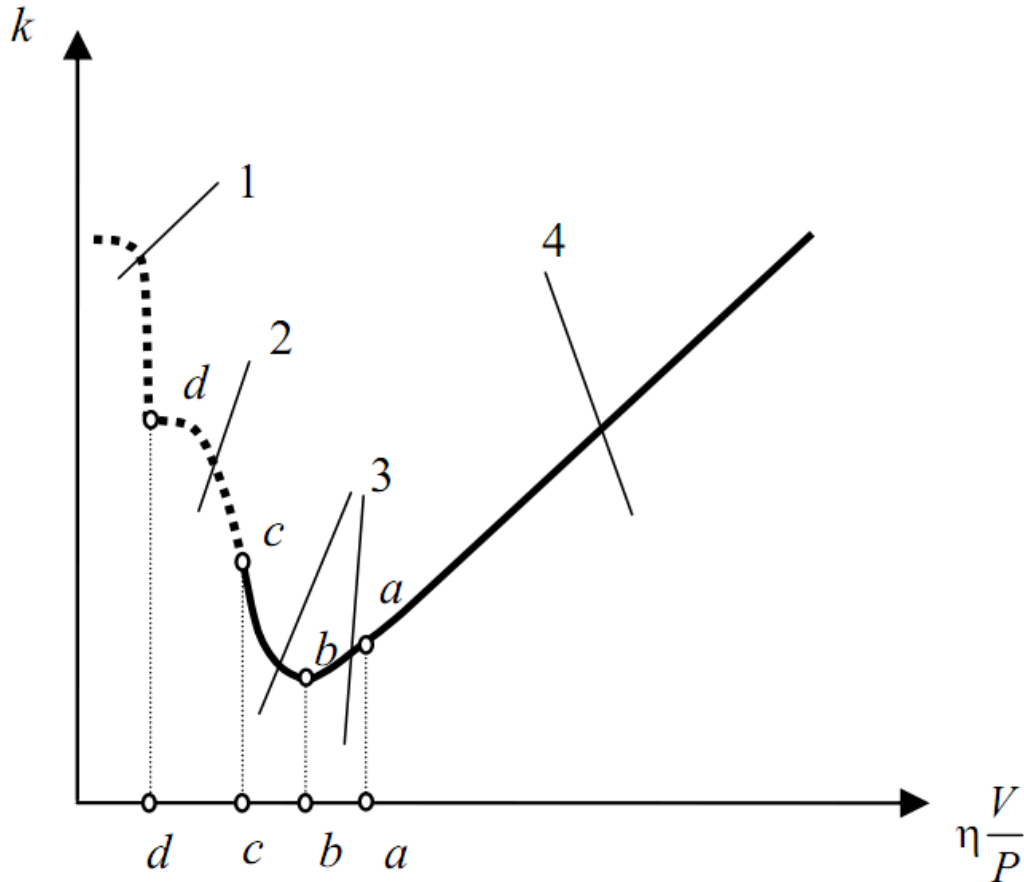


Fig. 1. Diagram of friction modes in a sliding bearing:

1 - friction of unlubricated surfaces; 2 - friction with boundary lubrication; 3 - mixed lubrication; 4 - friction with liquid lubrication

Since in this mode there are no direct physical contacts of solid surfaces, wear processes are practically absent.

When the sliding speed or viscosity of the lubricant decreases and the specific pressure increases (i.e., when the parameter $\eta(V/P)$ decreases), the lubricant layer becomes thinner, the gap between the surfaces decreases and, when the first contact interactions of irregularities appear, the mixed lubrication mode occurs. In this mode, the load is absorbed partly by the contact surfaces and partly by the lubricant film, the wear of the hard surfaces increases somewhat.

If the parameter values $\eta \frac{V}{P}$ of the lubricated system in mode 3 (Fig. 1) are further shifted to the left along the Stribeck curve, the number of roughness interactions within the contact area will significantly increase, and the thickness of the lubricant film will decrease to a few monomolecular layers or less. As a result, the boundary friction mode will come. In this mode the volumetric properties of the fluid become less important and the load is almost entirely taken up by the deformation of the ir-

regularities. The monomolecular lubricant layers eliminate the adhesive interaction of the solid surfaces, so the friction coefficient and wear remain relatively low.

If the Stribeck curve (Fig. 1) is shifted further to the left, e.g. by increasing pressure, it becomes possible to break through and destroy the boundary lubricant film as a result of intensified contact interaction of rubbing surfaces: friction of unlubricated surfaces will occur, friction coefficient and wear will increase sharply. Such a severe form of damage to the rubbing surfaces as scuffing can break.

If we shift the Stribeck curve (Fig. 1) further to the left, for example, by increasing pressure, then as a result of increasing contact interaction of rubbing surfaces it becomes possible to break through and destroy the boundary lubricant film: friction of unlubricated surfaces will occur, friction coefficient and wear will increase sharply. Such a severe form of damage to the rubbing surfaces as scuffing can break down.

The region of values of parameter $\eta \frac{V}{P}$, which lies on Fig. 1 to the right of line *bb*, is the region of stable coefficient of friction: if it changes briefly as a result of change in operating mode of friction unit, for example, sliding speed increases (or load decreases), then coefficient of friction increases (as we shifted along Hersey-Stribeck curve to the right), heat release in the friction zone increases, lubricating liquid viscosity decreases, parameter $\eta \frac{V}{P}$ slightly decreases and coefficient of friction takes value close to the initial one.

On the contrary, to the left of line *bb* in Fig. 1 there is an area of unstable friction coefficients. Thus, if the load on a bearing operating at mixed lubrication increases, the coefficient of friction will increase, the heat release will increase, and the viscosity of the lubricant will drop and the coefficient of friction will increase even more. This can lead to a transition to boundary lubrication and even to friction without lubricant.

Thus, stable and durable operation of the friction unit is possible under liquid and partially mixed friction modes. Transition to the boundary friction mode increases wear of rubbing parts of the node and is undesirable. Friction in the seizure mode, as a rule, leads to disastrously fast failure of the friction node and is unacceptable.

It should be noted that during the operation of friction nodes, short-term tightening of working conditions, such as an increase in load, or interruptions in the supply of lubricant are possible. In addition, no friction unit is normally operated continuously. The sliding speed changes from zero to its nominal value at start and stop and vice versa. This means that during operation of real friction units, transitions from one mode of friction in it to another are possible.

However, only parameters characterizing the ability of friction pair to maintain the most favorable friction modes in a wide range of sliding speeds and specific loads to optimize the alloy composition is not enough yet. It is obvious that antifric-tion materials should, in addition, provide a minimum value of the friction coefficient under different lubrication modes.

Only simultaneous satisfaction of all these, in general case independent of each other conditions can guarantee reliable and durable operation of developed friction units in practice.

It should be noted in this connection that it is not convenient to use a complex characteristic $\eta \frac{V}{P}$ when studying friction modes, because it includes the value of the lubricating fluid viscosity η , which strongly depends on the temperature in the friction zone, which is in turn rather difficult to measure. In addition, the parameter $\eta \frac{V}{P}$ sufficiently unambiguously characterizes friction only in the case where the carrying capacity of the friction node depends on the volumetric properties of the lubricant, that is, at hydrodynamic, elastic-hydrodynamic and mixed friction [1]. At boundary friction and at friction of unlubricated surfaces, the friction coefficient does not depend at all on viscosity and is determined to a greater extent by the temperature on the contacting surfaces, which, in turn, depends on the parameter PV , but not on the V/P ratio.

In this respect, drawing of boundary friction and friction of unlubricated surfaces on the Hersey-Stribeck diagram (dashed part of the curve in Fig. 1) is not quite strict, since transition from boundary friction to friction of unlubricated surfaces can be achieved only by reducing the parameter $\eta \frac{V}{P}$ by increasing P . Decrease in V will not lead to such transition in the general case. Moreover, it can be achieved just by increasing V and the related temperature on the contacts until the boundary lubricant film desorbs.

In this connection, as it seems to us, it is expedient to study antifriction properties of the received materials, having fixed a certain value of sliding speed and changing specific pressure P , as exactly monotonous change P towards decrease or increase gives the possibility to fix all possible modes of rubbing surfaces.

In order to check the elaborated recommendations a number of materials of $C_{r3}C_2$ -Ti system, obtained by explosive method [2], and designed to work in pair with siliconized graphite in water were investigated.

Tests were conducted on the friction machine by the scheme "a pin - a ring" (fig. 2) with cutting in according to the following technique.

In the beginning, friction at constant load of 490 N (50 kgf) was performed for 10 minutes. Then, the load was removed and again began to be applied, but this time in steps, starting from 25 N (2.5 kgf) up to 196 N (20 kgf). The operating time at each load step was kept as short as possible, but sufficient to stabilize the friction torque value. The result was that the duration of the alternating load test was overall slightly shorter than that of the constant load test. The sliding velocity was the same in both cases and was 1.1 m/s.

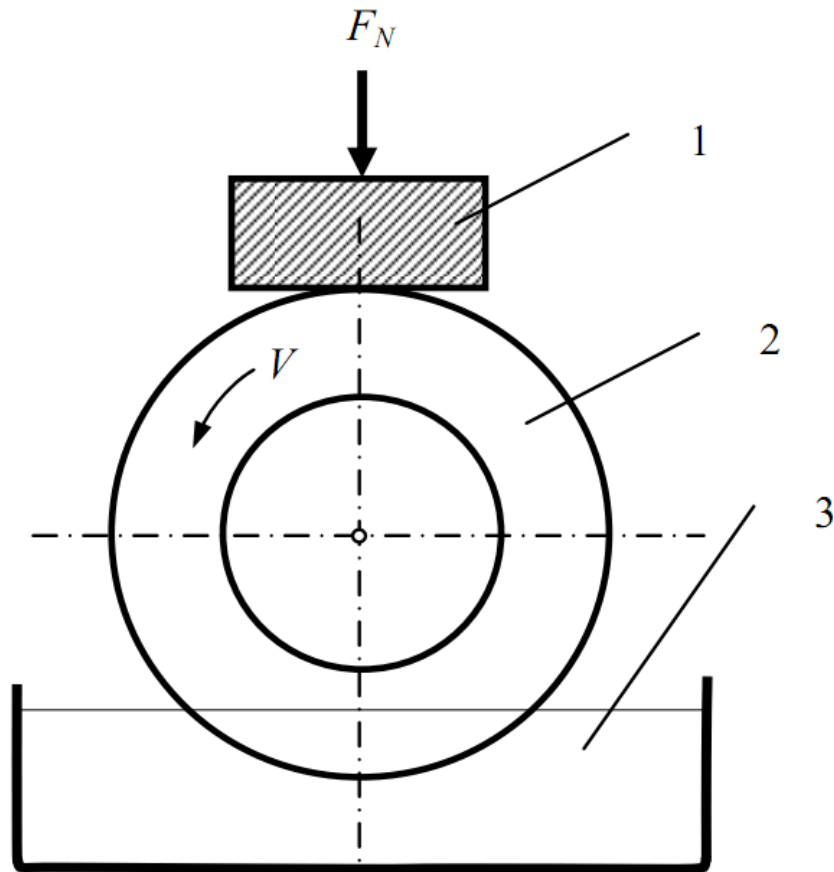


Fig. 2. Scheme of friction tests:

1 - sample under study; 2 - counterbody; 3 - lubricant

After the tests, the wear area was measured (using a microscope).

Since both the time of tests with variable load and the average value of the latter during the test are significantly less than the corresponding characteristics of tests with constant load, it can be assumed in the first approximation that almost all the wear of the friction pair observed after the test occurred during the first stage of the experiment. Consequently, the friction area during the step load increase remained practically constant, and with a sufficient degree of reliability the specific load acting at each stage of loading can be calculated as:

$$P_{y\partial i} = \frac{F_{Ni}}{S}$$

where $P_{y\partial i}$ is the specific pressure at the i -th degree of loading; F_{Ni} is the total load corresponding to the given stage; S is the area of the wear area.

Curves of dependence of friction coefficient of investigated materials on sili-conized graphite in distillate medium on specific load are shown on fig. 3.

As can be seen from the figure, all the transitions from one mode of friction to another, noted earlier in the Hersey-Stribeck diagram (Fig. 1) are well traced on the curves. With increasing load the friction coefficient at first decreases (hydrodynamic and elastic-hydrodynamic lubrication modes), then it begins to increase and quickly comes to saturation (mixed and boundary lubrication modes).

With further increase in load, the friction coefficient increases sharply again and reaches saturation, but at a higher value level than in the previous case (unlubricated surface friction mode, friction in the adhesion mode).

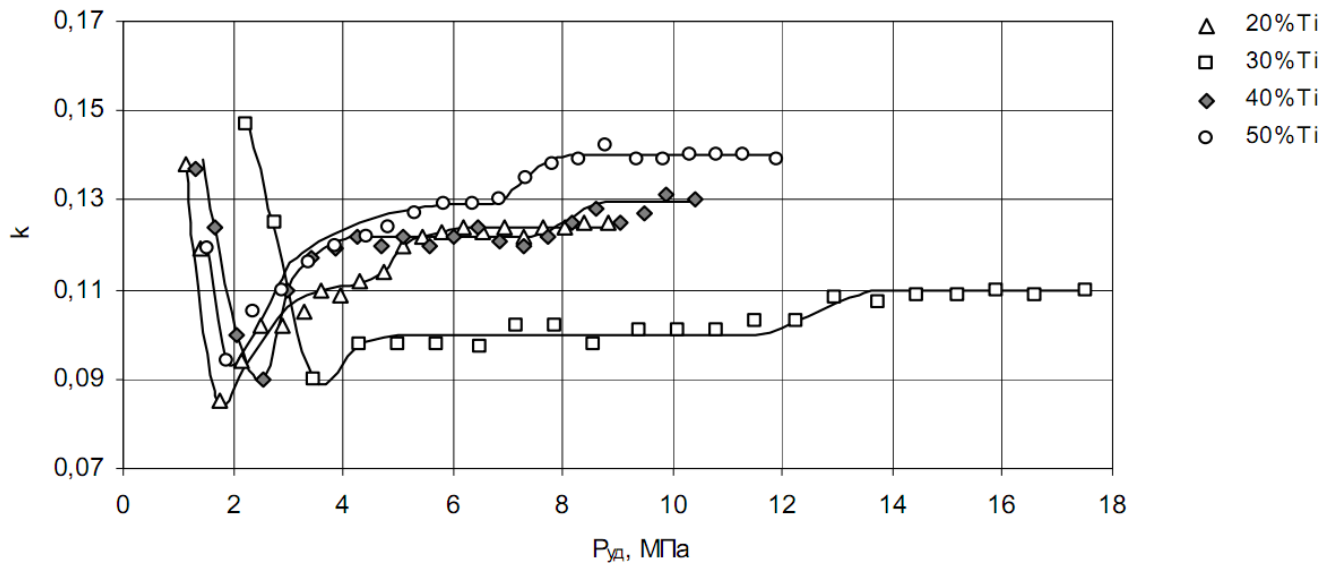


Fig. 3. Dependence of friction coefficient k on specific load Ore for chromium carbide-based alloys:

Δ - 20 % Ti; \square - 30 % Ti; \blacklozenge - 40 % Ti; \circ - 50 % Ti.

The basic characteristics of their antifriction properties, such as ultimate loads of steady, mainly liquid friction, boundary friction and transition to adhesion, as well as friction coefficients at appropriate regimes of lubrication can be easily determined from the curves of friction coefficient dependence of the studied materials on the specific load.

In conclusion, it should be noted that in addition to increasing informativeness, the proposed approach to friction tests provides a fundamental reduction in their duration.

BIBLIOGRAPHY

1. Moore, D. Fundamentals and Applications of Tribonics; transl. from English / D. Moore. - M.: MIR, 1978. - 488 c.
2. Chichinadze A. V. et al. Fundamentals of Tribology (Friction, Wear, Lubrication) M.: Mashinostroenie, 2001. 664 c.

УДК 629.5.045.23 +621.561.59

Мельник О.А., Єлінський І.Е.

Національний університет «Одеська морська академія»

Особенность деяких технологічних методів підвищення терміну служби суднових деталей шляхом зміцнення їх робочих поверхонь

Зміцненням матеріалу (робочої поверхні деталі) називається сукупність технологічних операцій, спрямованих на підвищення міцності та інших механічних та експлуатаційних властивостей. Необхідність широкого застосування різних методів зміцнення при виготовленні та ремонті пояснюється з одного

боку постійно зростаючими вимогами до міцності та зносостійкості деталей, а з іншого - можливістю зменшення їхньої маси, заміни дорогого та дефіцитного матеріалу дешевшим і доступнішим.

Усі методи зміцнення можна умовно поділити на дві групи.

Перша – методи, що ґрунтуються на зміні будови матеріалу шляхом пластичної деформації, термічної та термомеханічної обробки або їх спільного використання;

Друга – методи, засновані на зміні складу поверхневого шару матеріалу шляхом його хіміко-термічної обробки, нанесення покриттів з інших матеріалів, наплавлення та ін. Другу групу методів певною мірою можна віднести до плакування матеріалу. Можливі проміжні (комбіновані) методи зміцнення. Наприклад, зміцнення тертям цементованих поверхонь, наплавлених та цементованих поверхонь та ін.

До першої групи методів зміцнення відносяться: накатка (обкатка) роликми, ультразвукова обробка, об'ємна і поверхнева загартування, високо- та низькотемпературна термомеханічна обробка, електромеханічне зміцнення, зміцнення тертям та ін. Кожен з них найбільш ефективний за певних умов експлуатації деталей.

Сутність накатки (обкатки) роликми полягає у зміні поверхневого шару шляхом пластичної деформації. Під впливом деформуючого елемента та взаємному відносному переміщенні інструменту та деталі нерівності раніше обробленої поверхні пластично деформуються, внаслідок чого зменшується шорсткість та зміцнюється поверхневий шар. Що ступінь пластичної деформації, тим інтенсивніше протікають зазначені процеси, тим паче дрібнозерниста структура виходить у кінцевому підсумку, тим ефективніший процес зміцнення. Основна частка зміцнення металу обумовлена збільшенням спотворень просторових решіток, які виникають за рахунок взаємодії дислокацій один з одним та з іншими недосконаlostями решіток у процесі пластичної деформації. Таким чином, фізична сутність зміцнення полягає у гальмуванні дислокацій, у створенні перешкод для їхнього переміщення. Сутність методу вигладжування поверхні полягає у зміні поверхневого шару шляхом пластичної деформації. Цей спосіб є найбільш простим, доступним і ефективним методом обробно-зміцнювальної обробки деталей поверхневим пластичним деформуванням. Обробку виконують, як правило, на звичайному токарно-гвинторізному верстаті наконечниками, що вигладжують, з синтетичних алмазів АРК4 зі сферичною робочою частиною. Вигладжуючий інструмент пружно підтискується до оброблюваної деталі за допомогою нескладних державок або оправок. Вигладжування піддають деталі практично з будь-яких металів і з будь-якими металевими покриттями незалежно від способу їх нанесення (наплавленням, гальванічним нарощуванням, напиленням та ін.). Під тиском вигладжуючого інструменту мікронерівності оброблюваної поверхні пластично деформуються, при цьому шорсткість зменшується, а поверхневий шар деталей зміцнюється.

Особливість **ультразвукової обробки** полягає в тому, що спеціальний інструмент (гладилка), вібруючи з частотою ультразвуку і певною амплітудою

зміщення, створює ударний вплив на поверхню, що зміцнюється, піддаючи її більш інтенсивному пластичному деформуванню.

Сутність електромеханічного зміцнення полягає в тому, що в процесі обробки через місце контакту інструменту та деталі проходить струм великої сили та низької напруги, внаслідок чого гребінці мікронерівностей сильно нагріваються та під тиском інструменту пластично деформуються та згладжуються, при цьому поверхневий шар зміцнюється за аналогією з термомеханічною обробкою. Як інструмент застосовується ролик, що обертається, вісь обертання якого лежить в одній площині з віссю обертання заготовки. Сутність **електроіскрового легування** полягає у використанні явища спрямованого руйнування металу електродів під дією самостійного електричного розряду. Цей метод застосовується при нанесенні на повік струмопровідних матеріалів шарів зі сплавів, стійких до агресивних середовищ, високих температур, зношування та ін. Розрізняють два види електроіскрового легування: «**чистове**» (струм короткого замикання ($I_{кз}$ до 15А), при якому досягається найменша шорсткість товщині шару, що зміцнюється (0,1 мм) і „**грубе**» ($I_{кз}$ більше 20А), при якому можна отримувати зміцнений шар 1–3 мм, але зі значною шорсткістю. Покриття, що отримуються електроіскровим легуванням, мають високу міцність зчеплення з основним металом. У ряді випадків міцність зчеплення досягає 8 кгс/мм², що достатньо для підвищення експлуатаційних характеристик деталей машин та механізмів.

Електроіскровим легуванням можна підвищувати зносостійкість і твердість чорних та кольорових металів. Так, твердість поверхні стали може бути доведена до 2200, міді – до 1000, титану – до 1800 кгс/мм². Електроіскрове легування значно підвищує зносостійкість навіть високолегованих сталей при роботі на тертя при високих температурах. Зносостійкість зразків із загартованої сталі 45, що має твердість HRC45 і зміцнену хромомарганцем і твердим сплавом Т15К6, збільшується в 2-3 рази; зразків із нормалізованої сталі У7, зміцненої ферохромом – у 3 рази; білим чавуном – у 6 разів.

УДК 629.12

Бушер В.В., Самонов С.Ф., Глазева О.В., Дадукін М.Б.

Національний університет «Одеська морська академія»

Сучасні технології в підвищенні ефективності пропульсивних установок морських суден

Одним зі шляхів оптимізації режимів роботи суднових енергетичних систем є використання комбінованих силових установок з можливістю електричного руху. Удосконалення методів керування такими гібридними установками для підвищення ефективності використання палива за рахунок впровадження електричного руху на існуючих судах з пропульсивними установками (ПУ) є актуальним завданням.

Мета роботи - підвищення енергетичної ефективності пропульсивних установок на підставі аналізу навантажень та обґрунтування критерію переходів між основними енергетичними режимами головного двигуна та дизель-генераторів комбінованої пропульсивної системи.

Найбільш підходящими для цієї мети є суднові дизельні двигуни з електронним керуванням, гібридні та комбіновані або вбудовані пропульсивні системи (IPS). Важливим компонентом такої IPS є синхронна електрична машина (SM), що встановлюється в лінію гребного валу – валогенератор (ВГ), яка може працювати як у режимі генератора (SG), так і в режимі двигуна (SG/M) [1]. Такі системи, не вимагаючи внесення будь-яких надмірних змін у конструкцію судна, забезпечують ряд переваг.

Оптимізація режимів роботи двигунів внутрішнього згоряння призводить до зниження питомих витрат палива (SFC) та значного збільшення терміну служби деталей двигунів через зниження вібрації [2].

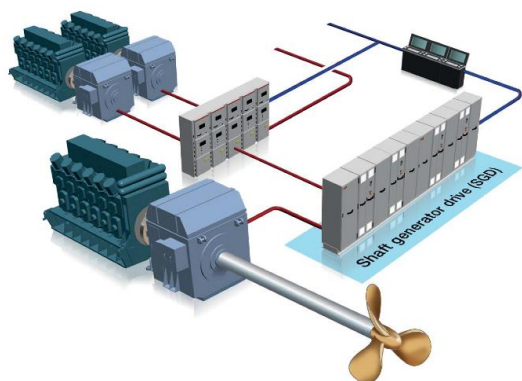


Рис.1 – Конфігурація типової суднової енергетичної системи з ВГ/Д

Процес реінжинірингу здійснюється шляхом модернізації існуючого головного двигуна (ME) на гібридну силову установку, яка є динамічним поєднанням ME та дизель-електричної рухової установки (DER) (рис.1).

Ця система має п'ять режимів руху: берегове живлення STS, основний режим незалежної роботи ME та СЕЕС, РТО – основний механічний з передачею потужності від головного двигуна до СЕЕС судна, РТІ – при підсумовуванні потужності від ME і SM, РТН – коли ME зупинився і гвинт обертається від SM (рис.2, а-д.) [3]. Ці різні рухові режими можуть адаптуватися до вимог різних умов експлуатації.

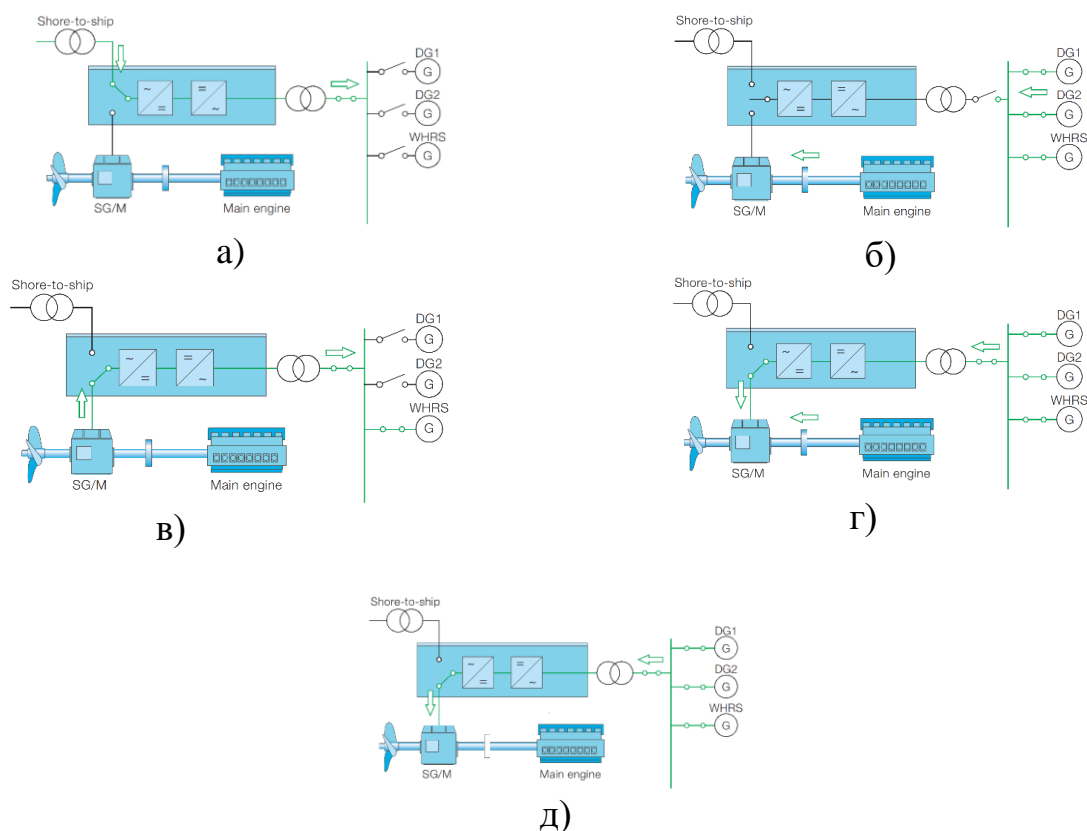


Рис.2 – Режими пропульсивних установок з валогенератором / двигуном: а) STS; б) основний режим (Main mechanical mode); в) РТО; г) РТІ; д) РТН

Проаналізуємо режими роботи суднової енергетичної системи та витрати палива основного двигуна та дизель-генераторів у різних діапазонах навантажень. Для цього розглянемо суднову силову установку контейнеровозу «Gerda Maersk», паспортні дані якої представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Паспортні данні генераторів

Генератор (кількість)	Тип	S, кВА	ω , об./хв	U, В	I, А	f, Гц	cos φ
ДГ (3)	«Siemens» 1DK4531-8BF05-Z	3600	1800	6600	315,3	60	0,7
ВГ/Д (1) момент інерції 3675 кг·м ²	«Siemens» 65L3710-8LG42- 4AW0	3571	45-82	6600	328,5	60	0,7

Номінальна потужність основного двигуна $P_{ME_n} = 68.640 \text{ MW}$. У маневреному режимі цього судна необхідна потужність суднової силової установки, згідно таблиці навантажень, становить $P_{ME} = 5057.37 \text{ MW}$. В цьому режимі потужність головного двигуна можна порівняти з потужністю дизель-генераторів суднової енергетичної системи. Якщо сумарна потужність пропульсивної установки P_{ME} та підключених електричних споживачів $P_{ShipGrid}$ не перевищує сумарної потужності дизель-генераторів, можна здійснити перехід до режиму РТН – один із режимів, можливість якого є принципово новою властивістю інтегрованих енергосистем.

Покажемо, що такий перехід доцільний з міркувань економії палива та, як наслідок, підвищення екологічної чистоти судна.

Залежність питомої витрати палива (BSFC) основного двигуна та дизельних генераторів при відносному завантаженні $5\% \leq L \leq 100\%$ можуть бути апроксимовані поліноміальними функціями другого порядку.

$$BSFC_{ME} = 0.01L_{ME}^2 - 1.513L_{ME} + 226.3 \left[\frac{\text{kg}}{\text{MWh}} \right],$$

$$BSFC_{DG} = 0.006L^2 - 0.959L + 230.2 \left[\frac{\text{kg}}{\text{MWh}} \right],$$

де L - відносна потужність у відсотках: $L_{1DG} = 100P / 3.600$ під час роботи одного дизель-генератора; $L_{2DG} = 100P / 7.200$ при паралельній роботі двох дизель-генераторів; $L_{ME} = 100P / 68.640$ для головного двигуна.

В області наднизьких навантажень $L \leq 5\%$ залежності $BSFC(L)$ апроксимуються іншими функціями, але цей діапазон не є актуальним для суднових енергетичних систем.

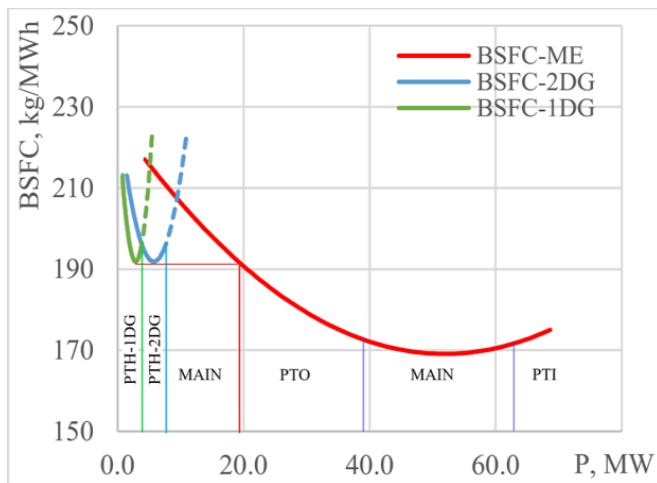


Рис. 3 – Принцип поділу режимів роботи СЕУ

Видно, що у сфері малих навантажень $BSFC_{ME}(P)$ головного двигуна значно більше $BSFC_{1DG}(P)$ і $BSFC_{2DG}(P)$ дизель-генераторів.

Тому в діапазоні низьких навантажень, зокрема при маневреному режимі роботи, доцільно перевести рухову установку в режим РТН, причому за потужності до 3.6 MW можна використовувати один дизель-генератор, а до 7.2 MW – два дизель-генератори (третій генератор знаходиться в резерві з міркувань безпеки) [4].

Розрахуємо витрату палива під час роботи головного двигуна або двох дизель-генераторів, нехтуючи на даному етапі досліджень додатковими втратами від дизель-генераторів до гребного валу.

Витрата головного двигуна складе: $L_{ME} = 7,367\%$; $SFC_{ME} = 1090 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$

Аналогічно для двох дизель-генераторів отримуємо:

$$L_{2DG} = 70,24\%; \quad SFC_{2DG} = 973,2 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Такий же результат отримаємо, якщо розрахувати витрати кожного з дизель-генераторів окремо (виходячи із припущення про симетричний розподіл навантаження):

$$L_{1DG} = 70,24\%; \quad SFC_{1DG} = 486,6 \frac{\text{kg}}{\text{h}}; \quad SFC_{2DG} = 2SFC_{1DG} = 973,2 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Таким чином, економія палива становитиме: $SFC_{ME} - SFC_{2DG} = 116,8 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$,

Тобто $100 \frac{116,8}{1090} = 10,7\%$, що суттєво перевищує можливі втрати енергії у каналі DG-FC-SG/M.

Проаналізуємо ще одну область навантаження від 7.2 MW до 20 MW . У цьому випадку спільна робота ME і DG-SG/M (режим PTI) недоцільна, оскільки навантаження ME мале, а його зменшення за допомогою DG-SG/M лише погіршить енергетичні показники.

Нехай, наприклад, $P_{ME} = 15\text{ MW}$.

Витрата палива визначається за такою формулою:

$$SFC(P) = BSFC(L) \cdot P.$$

Важливою особливістю функцій є існування оптимальної точки в області $80 \dots 85\%$ номінальної потужності двигуна (найбільш повне згоряння палива), що відповідає принципам проектування ДВЗ. Побудуємо графіки питомої витрати пального BSFC, відклавши по осі абсцис абсолютну потужність P для всіх ДВЗ (рис.3).

Витрата головного двигуна складе: $L_{ME} = 21,85\%$; $SFC_{ME} = 2970 \frac{kg}{h}$.

Нехай дизель-генератори працюють з оптимальним навантаженням 80%.
Тоді отримуємо:

$$L_{2DG} = 80\% \quad P_{2DG} = 5,76 \text{ MW}; \quad SFC_{2DG} = 1105,2 \frac{kg}{h}; \quad L_{ME} = 13,46\% \quad ; \quad SFC_{ME} = 1919,6 \frac{kg}{h}$$

Підсумовуючи результати розрахунків і, знаходимо:

$$SFC = SFC_{2DG} + SFC_{ME} = 3024,8 \frac{kg}{h}.$$

Очевидно, що витрати пального збільшуються. Тому необхідний режим роботи системи – MAIN (незалежна робота ME та DG).

Далі, в діапазоні середніх навантажень основного двигуна більше 20 MW його питома витрата палива менша, ніж у дизель-генераторів СЕЕС. Тому стає доцільним перехід у режим РТО, коли всі потреби суднової електричної мережі забезпечують валогенератор SG та WHRS. З одного боку, це наблизить головний двигун до оптимальної робочої точки, а з іншого – дозволить зберегти моторесурс дизель-генераторів. Очевидно, що в діапазоні навантажень від 65% до 85...90% P_{ME} головний двигун працює в режимі, близькому до оптимального, тому доцільний перехід в режим MAIN.

І, нарешті, коли необхідна потужність ME стає вище 90...95% P_{ME} , потрібно перейти в режим РТІ. Тоді дизель-генератори та WHRS збільшать загальну потужність, що передається гвинту на величину $2P_{DG} + P_{WHRs} - P_{Ship Grid}$, що дозволить знизити навантаження головного двигуна, знову наближаючись до оптимальної величини з погляду як витрати, так і повноти згоряння палива.

Висновки: У роботі проведено аналіз основних тенденцій розвитку сучасних суднових електроенергетичних систем та запропоновано принцип розподілу режимів роботи комбінованої суднової енергетичної системи, виходячи з навантаження головного двигуна. Виділено, крім режиму берегового живлення, чотири основні режими роботи за наявності в системі синхронної машини на гребному валу та перетворювача, що забезпечує роботу цієї машини як у руховому, так і в генераторному режимі.

Тоді за рівнем навантаження головного двигуна – малий, середній, номінальний та великий – система автоматичного управління може відповідно визначити послідовність перемикання комутаційної апаратури та виконавчих машин та механізмів. Також додатково необхідно відзначити, що можливості перемикання силових агрегатів у комбінованій силовій установці в аварійних режимах підвищують живучість та безпеку судна. На прикладі контейнеровоза місткістю 16000 контейнерів показано, що при руху судна з малою швидкістю навантаження пропульсивної установки знижується до такого рівня, при якому воно може бути забезпечено дизель-генераторами суднової електроенергетичної системи замість використання для цього головного двигуна. Тоді перехід у режим РТН, з одного боку, дозволяє економити паливо (до 117 kg/h), а з іншого боку підвищує повноту згоряння палива, так як дизель-генератори працюють при оптимальному завантаженні на відміну від головного двигуна,

робота якого в у цьому випадку близька до холостого ходу і дуже несприятлива для машини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Innovative Power Transmission. Propeller Shaft Clutch (PSC). RENK Aktiengesellschaft. RENK. Edition 08/2016. 12 p. <https://www.renk.eu> (in English).

Shaft generator drive for marine. ABB No 3AUA0000165329 REV A EN 3.7.2014 #17163. www.abb.com/marine (in English).

Samonov S. F., Rak A. M., Glazeva O. V. "Increase of efficiency and reliability of combined ship's propulsion system" / *Pidvyshchennja efektyvnosti ta nadiynosti kombinovanyh sudnovykh propulsivnykh ustanovok* / NTU "KhPI" "Problem of automated electromotordrive. Theory and Practice. – 2019". – 2019. – № 42 (1151). – pp. 71–75. (in Ukraine).

Бушер, В.В. Аналіз пропульсивної установки контейнеровоза місткістю 16000 контейнерів при реалізації «РТН mode» [Текст] / В.В. Бушер, О.В. Глазева, В.Ю. Пісчанський, К. Хандакжи // Матеріали ІХ міжнародної науково-технічної конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика», 05.11.2019 - 06.11.2019. – Одеса: НУ «ОМА», 2020. – С.225-231

УДК 629.5.061.17+621.3

Глазева О.В., Бондаренко О.В., Дудко С.О., Крамар І.Д.
Національний університет «Одеська морська академія»

Використання високоефективних технологій для підвищення енергоефективності морських суден

Діяльність міжнародної морської організації ІМО з розробки своїх інструментів (Міжнародних конвенцій, Циркулярів та ін.) здійснюється робочими органами - Комітетами ІМО.

Одним з них є Комітет з захисту морського середовища (Marine Environment Protection Committee (MEPS)).

Цей робочий орган ІМО, зокрема, працює над розвитком Міжнародної конвенції щодо запобігання забрудненню з суден (MARPOL'1973/78).

Конвенція має 6 додатків. Додаток VI [1] присвячений захисту атмосфери від забруднення із суден. Крім відомих заходів, що вживаються для захисту атмосфери від викидів оксидів сірки (SO_x), оксидів азоту (NO_x) і твердих частинок (ТЧ), ІМО виступила з ініціативою розробки інструменту захисту атмосфери від парникових газів (ПГ). Ці вимоги увійшли до розділу 4 Додатка VI до MARPOL і спрямовані на зниження емісії ПГ з суден.

Енергоефективність (ЕЕ) судна характеризує енергетичні можливості технічного засобу при найменших витратах ресурсів для вироблення енергії. У найпростішому випадку оцінка ЕЕ виконується за комплексним показником якості суднової енергетичної установки (СЕУ), виходячи з її витратних та ресурсних показників. У той же час, у сучасному двигунобудуванні та суднобу-

дуванні не лише декларується, а й відбувається перехід від окремих випадків підвищення *ККД* агрегату до комплексної інтегральної оцінки всіх аспектів впливу на енергетичні показники самого судна.

У зв'язку з потребою введення показника, що свідчить про ефективність судна щодо паливної економічності та викидів ПГ, пропонувалося ввести конструктивний індекс CO_2 , а також індикатор експлуатаційної ефективності, який визначає ефективність судна за кількістю CO_2 у тонах, викинутого окремою установкою за період рейсу судна на тонну перевезеного вантажу на відстань 1 милю. Формула для визначення величини конструктивного індексу CO_2 [$\text{г} \cdot \text{CO}_2 / \text{т} \cdot \text{миля}$], має вигляд:

$$\text{Attained design CO}_2\text{ index} = \frac{C_f \cdot \text{SFC} \cdot P}{\text{Capacity} \cdot V_{\text{ref}}}$$

де P – номінальна потужність головного двигуна (ГД), кВт; SFC – питома ефективна витрата палива цього двигуна, г/кВт год; C_f – безрозмірний перерахунковий коефіцієнт, $\text{г} \cdot \text{CO}_2 / \text{г}$ палива, визначений за вмістом вуглецю в конкретному паливі. У знаменнику формули – добуток величини місткості судна Capacity в тоннах (як місткість передбачалося приймати дедвейт) і максимальної швидкості судна V_{ref} , миль/ч.

Відповідно до конвенції MARPOL 1973/78 викиди CO_2 слід враховувати за допомогою коефіцієнта EE , який є комплексним показником якості суднової енергетичної установки (СЕУ), виходячи з її витратних та ресурсних показників. Поправки до Додатка VI до MARPOL щодо технічних заходів скорочення викидів ПГ з суден відповідно до Резолюції ІМО МЕРС.203(62) набирають чинності 1 січня 2013 року для кожного нового судна валовою місткістю 400 і більше. При цьому повинні бути визначені: *Необхідний та Досягнутий Конструктивний коефіцієнт* енергоефективності ($EEDI$), а також повинен бути розроблений та виконуватись Судновий план управління EE судна ($SEEMP$). Методику його визначення детально викладено у [2].

Досягнутий $EEDI$ повинен визначатися відповідно до формули (1) наведеної в [3], яка, по суті, є описом узагальненої суднової електроенергетичної системи ($CEEC$).

Відповідно до [1] високоефективними технологіями вважаються утилізація тепла відпрацьованих газів та застосування фотоелектричних модулів (ФЕМ) виробництва електричної енергії.

Потужність, яка генерується при утилізації тепла відпрацьованих газів, залежить від потужності ГД. Так, для ГД при потужності > 25000 кВт рекомендують застосовувати комбінований спосіб парова (ПТ) та газова турбіни (ГТ) при цьому $P_{\text{Г}} = (0,08-0,11) P_{\text{ГД}}$; при потужності < 25000 кВт рекомендують ГТ або ПТ – $P_{\text{Г}} = (0,03-0,05) P_{\text{ГД}}$; при потужності < 15000 кВт – ГТ або ORC (organic Rankine cycle) – органічний цикл Ренкіна [2].

Інноваційними технологіями вважаються технології та пристрої для забезпечення енергією ПУ (паруси різної конструкції, ротор Флеттнера) та пристрої для отримання електричної енергії (сонячні батареї) [4].

Як зазначалося вище, одним із високоефективних способів підвищення енергоефективності є застосування ФЕМ. Загальна корисна потужність ДГ, яка виробляється, за рахунок електроенергії ФЕМ, визначається як $f_{eff} \cdot P_{AEff}$, де f_{eff} – коефіцієнт ефективності - відношення середнього вироблення електроенергії на основних світових маршрутах доставки до номінального вироблення електроенергії, зазначеної виробником.

Знаючи величину потужностей, які генеруються із застосуванням високоефективних технологій, визначаємо коефіцієнт енергоефективності.

Необхідний *EEDI* повинен визначатися добутком величини базової лінії (БЛ) для конкретного типу судна на множник « $(1-X/100)$ », в якому враховується величина зменшуючого фактору X , що залежить від типу судна, його розмірів та чотирьох часових фаз застосування цього фактору.

$$\text{Требуемый } EEDI = (1 - \frac{X}{100}) \cdot \text{величина Базовой линии} \quad (1)$$

Значення БЛ є функцією від дедвейту судна:

$$\text{Базова лінія} = a \cdot b^c, \quad (2)$$

де a і c - постійні величини, для різних типів суден наведені в [1], а дані, наприклад, для контейнеровозу в табл.1, b - дедвейт.

Таблиця 1 – Коефіцієнти для побудови Базової лінії

Тип судна	a	b	c
Контейнеровоз	174,22	Дедвейт (DWT)	0,201

Відповідно до записаних вище виразів (1) і (2), будуємо лінії необхідних рівнів (рис.1).

Приклад. Для контейнеровозу місткістю 16000TEU з дедвейтом 116000 необхідно побудувати БЛ і розрахувати необхідну величину коефіцієнта *EEDI* відповідно до різних часових фаз застосування фактору зменшення.

Рішення

1. З табл.1 виписуємо значення коефіцієнтів

$$a = 174,22; \quad c = 0,201.$$

2. Записуємо вихідний вираз визначення досягнутого рівня *EEDI*

$$EEDI = a \cdot b^c = 174,22 \cdot 116\,000^{0,201}.$$

Відповідно до записаного вище виразу, будуємо БЛ (рис.1).

3. Записуємо вираз визначення рівня, який необхідно досягти:

$$EEDI_x = (1 - \frac{X}{100}) \cdot EEDI = (1 - \frac{X}{100}) \cdot a \cdot b^c$$

де X - необхідний рівень *EEDI* ($X = 10\%, 20\%, 30\%$).

4. Відповідно до записаного вище виразу, будуємо лінії необхідних рівнів (рис.1) на які відповідно до табл.2 [4] наносимо лінію обмеження, яка є лінією відліку.

Також, в даний час ще одним важливим показником є *EEOI* (Ship Energy Efficiency Operational Indicator - операційний показник *EE*), середній показник якого за період або ряд рейсів можна розрахувати наступним чином:

$$\text{Average } EEOI = \frac{\sum_i \sum_j (FC_{ij} \cdot C_{Fj})}{\sum_i (m_{\text{cargo},i} \cdot D_i)} \cdot \frac{2}{m \cdot \text{миля}}$$

де j – тип палива; i – кількість рейсів; FC_{ij} – маса споживаного палива залежно від його типу та кількості рейсів; C_{Fj} – коефіцієнт перерахунку маси палива залежно від його типу CO_2 ; m_{cargo} – кількість вантажу, що перевозиться, залежить від його характеру або виконаної роботи.

Покажемо застосування формули на основі даних рейсового звіту, що включає один баластний рейс (табл.3).

$$EEOI = \frac{100 \cdot 3,114 + 23 \cdot 3,151}{(25000 \cdot 300) + (0 \cdot 300) + (25000 \cdot 750) + (15000 \cdot 150)} = 13,47 \cdot 10^{-6} \frac{\text{тонн} \text{CO}_2}{(\text{тонн} \cdot \text{морських миль})}$$

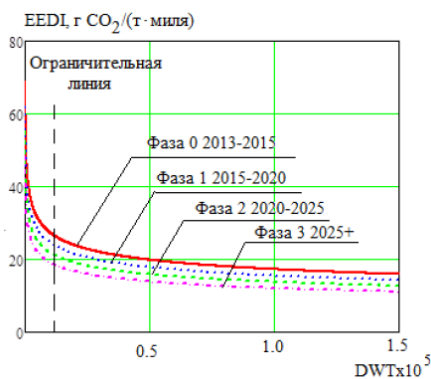


Рис.1 – Базова лінія та лінії необхідних рівнів

Таблиця 2 – Лінія обмежень для суден різних типів

Тип судна	Дедвейт або пов-на водотоннажність
Балкери	10000
Танкери-газовози	2000
Танкери	4000
Контейнеровози	10000
Генвантаж/Рефрижератори	3000

Таблиця 3 – Визначення витрати пального за рейс

Назва та тип судна					
Рейс	Витрата палива (ВП) в морі та в порту			Тривалість рейсу	Час, дата
	Паливо (мазут)	Паливо (ДП)	Тип палива	Вантаж (тони або контейнери)	Відстань, милі
1	20	5		25 000	300
2	20	5		0	300
3	50	10		25000	750
4	10	3		15000	150

Значення, наведені в табл.4 включаються до судового плану управління *EE*.

Таблиця 4 – Заходи та потенційний вплив на *EE* та скорочення викидів CO_2

Конструктивні (Нові судна)	Економія (%) $\text{CO}_2/\text{т} \cdot \text{миля}$	Комбінований	Комбінований
Концепція, швидкість та можливості	2-50*	10-50% *	25-75 *
Корпус та надбудова	2-20		
Потужність та пропульсивна установка	5-15		
Низьковуглецеве паливо	5-15**		
Відновлювана енергія	1-10		

Зниження CO ₂ від вихлопних газів	0	
Операційні (Всі судна)		
Управління флотом, логістика та стимули	5-50*	10-50% *
Оптимізація маршруту	1-10	
Енергетичний менеджмент	1-10	

* Зниження на даному рівні вимагатиме зниження швидкості

** Еквівалент CO₂, заснований на використанні зрідженого природного газу

У відповідь на запити щодо застосування методології розрахунків, що містяться в керівному положенні ІМО, фірма «BIMCO» створила *EEDI* - калькулятор [5], що дозволяє визначити зміни *EEDI* у разі зміни проектних параметрів.

Висновки:

1. Зусилля, вжиті ІМО щодо зниження забруднення повітря з морських суден, пов'язані зі зміною клімату, засновані на науковій інформації, тому вироблення недорогих та ефективних рішень дозволить уникнути дестабілізації досягнень останніх десятиліть. Внаслідок цього, країни отримають можливість, у майбутньому, здійснити перехід до низьковуглецевої економіки, а також надати позитивний вплив на атмосферу та здоров'я людей.

2. Як показує практика експлуатації потужність яку генерують ФЕМ, невелика в порівнянні з потужністю, що отримується шляхом утилізації тепла відпрацьованих газів. Внаслідок, відносно невеликої питомої потужності (до 350 Вт) та ККД (до 18%) ФЕМ немає потреби у повній заміні електроенергетичного обладнання на відновлювані джерела енергії. Цього, в принципі, досягти неможливо через недостатній технологічний розвиток первинних альтернативних електростанцій, а також обмежене вакантне місце на суднах для їх розміщення. Проте, впровадження такого обладнання дозволить виробляти певну додаткову кількість електроенергії для підвищення енергоефективності суден.

3. Для відповідності вимогам MARPOL усім судновласникам необхідно: розробити за допомогою спеціалізованих організацій план управління *EE* судна для кожного зі своїх суден, що діють або будуються; забезпечити проходження суднами оглядів та видачу на кожне судно міжнародного свідоцтва про *EE*: переконатися в тому, що всі замовлені ними судна та ті, що будуються, тих типів, на які поширюється дія нових правил Конвенції MARPOL, мають такі коефіцієнти *EE*, який забезпечить їхню нормальну експлуатацію протягом усього терміну служби.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. MARPOL. Книга III, пересмотренное Приложение VI к MARPOL «Правила предотвращения загрязнения воздушной среды с судов», Издание ЗАО «ЦНИИМФ», 2012.
2. Рак, А.Н. Определение генерирующих мощностей в термоэффективной системе судовой электростанции и ее технико-экономических показателей /А.Н. Рак, О.В. Глазева, С.А. Дудко // Электротехнические и компьютерные систе-

мы. Научно-технический журнал. Одесский национальный политехнический университет, -Одесса. -2018. №28(104), -с. 141-147.

3. Рак, А.Н. Повышение энергоэффективности морских судов путем применения высокоэффективных технологий [Текст] / О.М. Рак, О. В. Глазева, С.А. Дудко // Материалы международной научно-практической конференции «ЭНЕРГЕТИКА РЕГИОНА: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ» Таджикский технический университет имени академика И.М. Осими. - Душанбе: «Промэкспо», 2019. – С.222-228

4. IMO Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation. Module 2 - Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines. Printed and published by the International Maritime Organization, London, January 2016/
<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/IMO-Train-the-Trainer-Course.aspx>.

5. BIMCO EEDI Calculator, link: <https://www.bimco.org/Products/EEDI.aspx>

ІНЖЕНЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТА ПРОФЕСІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА МОРІ

УДК 656.61

Кулешов І.М., Парменова Д.Г., Мамкічев М.А.
Національний університет «Одеська морська академія»

Аналіз аварійності світового морського торговельного флоту у 2020-2021 роках

Безпека мореплавання є завжди найважливішою умовою можливості ефективної експлуатації суден. Проблема безпеки мореплавання завжди є найважливішою, пріоритетною та актуальною в оцінці сучасного стану та розвитку морського транспорту, тому світове суспільство постійно звертає особливу увагу на це питання та застосовує заходи та засоби для підвищення безпеки морських торговельних суден.

Для розуміння тенденцій зміни аварійності на морі розглянемо статистичні дані за останні роки. Так, за даними щорічного огляду морських аварій та інцидентів (Annual Overview of Marine Casualties and Incidents) Європейського агентства морської безпеки (European Maritime Safety Authority, EMSA) [1] та німецької страхової компанії Allianz Global Corporate & Specialty [2] склалася наступна картина.

Загалом у 2018 році було зареєстровано 106 дуже серйозних аварій, що на 68% більше, ніж у 2017 році. Однак у 2019 році кількість таких аварій скоротилася до 63. Аналогічно змінювалася кількість загиблих суден: пік припав на 2018 рік, а у 2019 році було зафіксовано зниження – до 21 судна. Щодо постраждалих, то найбільша кількість людей загинула внаслідок зіткнень і падінь [1,3].

У 2019 році скоротилася кількість аварій за участю всіх типів суден, за винятком пасажирських та рибальських:

учасниками морських аварій або інцидентів стали 1382 вантажні судна, загинуло 19 осіб і лише одне судно;

кількість аварій рибальських суден трохи збільшилася, але кількість загиблих рибальських суден скоротилася до 14 (порівняно з 16 у 2018 році). Кількість травм зупинилась на рівні 220;

майже 50% аварій у секторі пасажирських суден сталося за участю пасажирських поромів Ro-Ro, при цьому затонуло одне таке судно.

За результатами розслідувань аварій було встановлено, що 63,9% з них стали порушенням правил експлуатації суден.

Загальна кількість подій у 2020 році скоротилася порівняно із 2019 роком на 18%. У поясненні до результатів вказується, що таке позитивне зрушення слід розглядати в контексті пандемії COVID-19, яка вплинула на інтенсивність глобальних морських перевезень [1,2].

Найбільш позитивні зрушення були зафіксовані за кількістю загиблих (табл.1) (зниження у 2020 році порівняно з 2019 роком та кількістю травмованих). Як підкреслили в EMSA, у період з 2019 по 2020 рік скоротилася кількість аварій за участю всіх типів суден, лідерами за цим показником залишилися вантажні судна [1]. Кількість рибальських суден, що потрапили в морські аварії, в 2020 році залишилася приблизно на тому ж рівні, оскільки епідемія значно меншою мірою позначилася на рибальському секторі.

Навігаційні аварії (зіткнення, посадки на мілину та торкання) склали найбільшу частину інцидентів, внаслідок яких загинули судна. У цьому відзначено зниження кількості аварій, які закінчилися втратою суден (табл.2) [4].

Таблиця 1 - Загальна аварійність суден за 2020 рік [4]

Тип судна	Кількість	Врятовано людей	Загинуло людей
Суховантажні судна	27	180	53
Балкери	3	-	-
Контейнеровози	2	8	8
Танкери	7	37	4
Пасажирські судна	1	46	14
Пороми	3	9	32
Ро-Ро	4	11	7
Рибальські судна	16	97	54
Інші	69	359	300
Загальна кількість	132	747	472

Таблиця 2 - Основні причини аварій суден за 2020 рік [4]

Тип судна	Зіткнення	Посадка на мілину	Погана погода	Затоплення	Пожежі
Суховантажні судна	7	8	10	22	-
Балкери	1	3	1	-	-
Контейнеровози	2	1		1	-
Танкери	-	3	2	2	2
Ро-Ро	-	1	1	2	1
Пасажирські судна	-	-	-	1	-
Пороми	-	1	-	2	-
Рибальські судна	21	-	-	15	8
Інші	12	3	3	25	36
Загальна кількість	43	20	17	70	47

Кількість інцидентів, пов'язаних із забрудненням навколишнього середовища внаслідок морських аварій, продовжила знижуватися у 2020 році. Фактично, з 2014 року кількість подібних інцидентів скоротилася загалом на 68%.

На закінчення зазначимо, що за результатами всіх проведених розслідувань аварій у 2020 році було розроблено 2011 рекомендацій з техніки безпеки, основна частина яких стосувалася Суднових процедур / Операцій та Людського фактору / Підготовки, навичок та досвіду [1].

Статистика аварійності за 10 місяців 2021 року (дані в таблицях 3 та 4 надані для періоду з січня по жовтень 2021 року включно) показує значне збільшення аварійних ситуацій [5]. Жахливе зростання загиблих у 2021 році порів-

няно з 2020 роком пояснюється збільшенням мігрантів та їхньої загибелі через перевантаження плавзасобів та не належного технічного стану останніх.

Таблиця 3 - Загальна аварійність суден за перші 10 місяців 2021 року [5]

Тип судна	Кількість	Врятовано людей	Загинуло людей
Суховантажні судна	27	184	26
Балкери	6	22	-
Контейнеровози	3	-	-
Танкери	4	9	-
Пасажирські судна	3	-	-
Пороми	9	620	78
Ро-Ро	1	9	3
Рибальські судна	16	22	43
Інші	32	834	674
Загальна кількість	101	1700	824

Таблиця 4 – Основні причини аварій суден за перші 10 місяців 2021 року [5]

Тип судна	Зіткнення	Посадка на міліну	Погана погода	Затоплення	Пожежі
Суховантажні судна	9	4	4	22	1
Балкери	-	5	3	1	-
Контейнеровози	-	1	-	2	1
Танкери	-	2	1	2	1
Ро-Ро	1	-	-	1	-
Пасажирські судна	2	-	-	2	1
Пороми	-	4	1	5	-
Рибальські судна	7	1	-	10	3
Інші	4	4	6	21	10
Загальна кількість	23	21	15	66	17

Незважаючи на зниження аварійності, вона все ж таки залишається високою, інциденти на морі забирають життя людей – і це найстрашніше, тому завжди важливо пам'ятати, що безпека має бути над усе і вживати для її забезпечення всіх необхідних заходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2021. European Maritime Safety Agency, 2021. – 150 p. URL: <http://emsa.europa.eu/>
2. Safety and Shipping Review 2021. Annual review of trends and developments in shipping losses and safety, 2021 - 58 p. URL: www.agcs.allianz.com.
3. Найбільша кількість моряків гине в результаті зіткнень та падінь. URL: http://www.sur.ru/ru/news/lent/2020-12-22/naibolshee_kolichestvo_morjakov_gibnet_v_rezultate_stolknovenij_i_padenij_19643/.
4. List of shipwrecks in 2020. URL: https://ua.abcdef.wiki/wiki/List_of_shipwrecks_in_2020.
5. List of shipwrecks in 2021. URL: https://ua.abcdef.wiki/wiki/List_of_shipwrecks_in_2021.

Голікова В.В., Крайнова В.І., Ніколаєва Г.В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Теоретичні аспекти аналізу умов трудового процесу при експлуатації об'єктів водного транспорту

Вступ. Роль морського транспорту за умов глобалізації економіки, розвитку світового ринку енергоресурсів, промислового, сільськогосподарської сировини та готової продукції неухильно зростає. Він забезпечує до 80% міжнародних вантажоперевезень, а також обслуговує мільйони пасажирів та туристів. Успішно функціонує міжнародний ринок морської праці (1,3-1,5 млн. моряків), на якому громадяни України за чисельністю стійко посідають 4-6 місце у світі.

Актуальність теми. Як добре відомо з літератури, морське судно представляє собою складний і специфічний рухомий виробничо-комунальний об'єкт. Професійна діяльність членів екіпажу характеризується багатомісячним безперервним перебуванням на рухомій інженерній споруді (транспортному засобі) з поєднаними зонами праці і відпочинку, вахтовим режимом праці, цілодобовою дією на організм моряка багатокомпонентного і динамічного за своїми параметрами комплексу виробничих, природних, побутових чинників, кількісні показники яких нерідко перевищують гігієнічні норми і навіть досягають екстремальних величин [1].

Постановка задачі. Проаналізувати сучасну інформацію щодо умов трудового процесу при експлуатації об'єктів водного транспорту

Результати досліджень. Експлуатація більшості об'єктів водного транспорту (судна різного призначення, морські та річкові порти) здійснюється в умовах підвищеного професійного ризику здоров'ю екіпажів суден, портових робітників, інших учасників транспортного процесу.

Стосовно потенційного впливу на безпеку, працездатність, функціональний стан і здоров'я моряків в системі «людина-судно» виділяють: фізичні, хімічні, біологічні, фактори трудового процесу [2]. Тип судна, його призначення і розміри, багато в чому визначають ступінь безпеки, специфіку умов, важкість і напруженість праці членів екіпажу. Так, на нафтоналивних танкерах, газовозах і хімовозах домінує хімічний небезпечний фактор, на балкерах, що перевозять сипучі вантажі, – пиловий і хімічний, судна з горизонтальним типом завантаження (ролкери, паромі), а також значна кількість рефрижераторних суден і лісовозів мають швидкооборотні двигуни і потужні електро- і дизельгенератори, які характеризуються високими рівнями шуму, особливо високо-частотного, а також загальної вібрації.

Клімато-географічні умови плавання залежать від районів і ліній роботи флоту. Для різних судноплавних компаній притаманні переважно рейси в тропіках, Арктиці чи Антарктичних водах. Але більша частина флоту експлуатується на постійних океанських лініях, які перетинають зони помірного клімату і тропіки, а також проходять в трансмеридіанальних напрямках з постійною зміною суднового часу. Тому, поряд з напруженням терморегуляторних меха-

нізмів, робота моряків характеризується навантаженням на біоритміку організму, в першу чергу, його циркадні ритми.

В той же час, як свідчить проведений аналіз даних літератури, практично всі атрибути праці членів екіпажів суден нового покоління суттєво змінилися за останні два десятиріччя. Перш за все, докорінно помінялася організація праці плавскладу флоту, яка тепер будується на контрактній основі, як правило, короткостроковій. Моряк перетворився у «сезонного робітника», який нерідко кожний цикл плавання виконує на іншому судні, в іншому колективі і навіть у іншого судновласника.

Спостерігається перерозподіл питомої ваги основних небезпечних чинників як факторів ризику для здоров'я моряка. Так, мікроклімат практично всіх суднових приміщень підтримується на комфортному рівні завдяки високоефективним системам кондиціонування повітря, автоматичне регулювання роботи яких здійснюється з урахуванням фізіологічних потреб і адаптивних резервів організму моряка.

При аналізі літературних джерел, які висвічують небезпечні судові виробничі та природні фактори, розкормлюють їх на різні групи, такі як: ергономічні: нестача оперативної інформації; нераціональне розміщення приладів, інформаторів та маніпуляторів у сенсомоторній зоні оператора; погане чи надмірне освітлення шкал приладів у нічний час. Організаційні: змінний (вахтовий) характер праці; суміщення професій; участь у виконанні складних та небезпечних виробничих операцій без наявності необхідної підготовки та сертифікату (допуску до роботи); понаднормові роботи, додаткова робота із завідування, оформлення документів та інші поза невахтові обов'язки; адміністративна діяльність та управління людськими ресурсами; ненормований робочий день під час перебування у портах. Технологічні та технічні: робота з освоєння нового обладнання та технологій перевезення вантажів; робота на субстандартних судах; та ін. Психофізіологічні: тривала напруга та концентрація уваги; необхідність ухвалення рішення в умовах ліміту часу; монотонія, стан оперативного спокою в очікуванні необхідності втручання у процес управління судном, енергетичною установкою із здійсненням дій, що коригують. Соціально-психологічні: робота в міжнародному екіпажі та мовний бар'єр; несприятливий мікроклімат в екіпажі; проблеми міжособистісного спілкування та професійної взаємодії; нестача підтримки з боку керівництва; культурні відмінності та диференційоване коло інтересів; обмеження соціальної активності; розлука з близькими. Характер та умови праці: вплив на організм шкідливих та небезпечних факторів судового середовища; вахтовий режим праці; єдність зон праці та відпочинку; тривалість рейсу; частота заходів у порти; чисельність екіпажу (скорочений екіпаж); робочі навантаження при суміщеній роботі; робота у нічний час доби; незадовільний режим праці та відпочинку. Зовнішнє середовище: умови проживання на судні, несприятливі погодні та клімато-географічні умови плавання; зміна судового часу. Потенційна загроза безпеці та життєдіяльності: плавання в зонах ризику піратських, військових дій та тероризму; зміна кліматичних, у тому числі екстремальних, зон і районів плавання (Арк-

тика, Антарктика, тропіки); перевезення небезпечних вантажів; висока ймовірність надзвичайних (аварійних) ситуацій та подій та інші [3-7].

Висновки: За останні два десятиріччя на морському флоті сталися докорінні технологічні, технічні і організаційні зміни, які суттєво вплинули на всі аспекти праці і життєдіяльності моряків.

Практично всі зміни в умовах, трудовому процесі, організації, режимах праці і відпочинку, чи то на нових автоматизованих, чи на старих субстандартних суднах, з різного боку пов'язані зі зростанням рівню професійного ризику.

Експлуатація більшості об'єктів водного транспорту (судна різного призначення, морські та річкові порти) здійснюється в шкідливих умовах праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Shafran L.M., Golikova V.V. Seafarer's health savings competencies: goals, professional features, formation and development // *Visnyk Mors' koi'Medycyny*. – 2018. – Т. 80. – №. 3. – С. 4-12.
2. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Затверджено Наказом МОЗ України від 08.04.2014 № 248.
3. 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. Дисс. д-ра мед. наук. – СПб., 2007. – 86 с.
4. Шафран Л.М. Фізіолого-гігієнічні особливості професійної діяльності моряків спеціалізованого флоту / Л.М. Шафран, В.В. Голікова В.В. // *Український журнал з проблем медицини праці-2014 -Т.3- С.29-39*
5. Golikova V.V. Professional competence of ship's operators as chemical safety predictor in the maritime- dangerous goods transport /V.V. Golikova, L.M.Shafran // *Актуальные проблемы транспортной медицины*. – Одесса -2018. – №3(53) – С. 7-19 с.
6. Голікова В.В. Психофізіологічні особливості формування професійно важливих якостей у курсантів вищих навчальних закладів: автореф. дис. канд. мед. наук: 14.02.01 / В. В. Голікова; Донец. нац. мед. ун-т ім. М. Горького. - Донецьк, 2011. - 20 с. - укр.
7. Незавітіна Т.С. Психофізіологічна оцінка стресостійкості в системі психогігієнічних заходів з підвищення професійної надійності судноводіїв: автореф. дис. канд. біол. наук: 14.02.01 / Т. С. Незавітіна; ДУ "Ін-т медицини праці НАМН України". - К., 2013. - 20 с.

Парменова Д.Г., Бондар С.А., Розлуцький О.М.
Національний університет «Одеська морська академія»

Професійна підготовка суднових механіків у сучасних умовах

Складовою частиною транспортної системи України є водний транспорт, тому морська галузь буде постійно відчувати потребу у кадрах високої якості підготовки для всіх рівнів - від менеджерів судноплавних компаній до експлуатаційного складу морських суден. Таким чином, швидке зростання світового флоту підвищує запит на морських фахівців, тому пошук кваліфікованого екіпажу є одним з ключових завдань у морській галузі. Завдяки морякам Україна отримує від 3 до 4 мільярдів доларів [1]. Ці кошти залишаються в країні та позитивно впливають на нашу економіку. На даний час роботодавці потребують досвідченого та компетентного екіпажу, які здатні використовувати сучасні морські системи на високому рівні. Стан прапора та провідних суднових компаній говорять про існування проблеми дефіциту морського персоналу та передбачають загострення в цій ситуації.

Особливий недобір офіцерів можна відмітити в самих спеціалізованих сферах торгового судноплавства – це нафтові танкера та танкери-хімовози, судна LNG і LPG, а самий найдорожчий дефіцит - старших механіків.

При формуванні єдиного економічного простору супроводжуючих якісних змін в економіці реформи транспортної системи повинні бути високі вимоги до підготовки фахівців в усіх секторах економіки країни зокрема і на морському транспорті.

У зв'язку з цим особливо актуальним є питання освіти в Україні і підвищення рівня професійної підготовки фахівців вказаної сфери - створіння такої системи освіти, яка б дозволяла забезпечити перехід до реальної ринкової економіки та подолання небезпеки відставання країни від світових тенденцій економічного розвитку [1].

Впровадження в експлуатацію нових суден та автоматизація суднових робіт потребує більше кваліфікованих фахівців, що призводить до зростання дефіциту моряків командного складу на світовому ринку праці. BIMCO/ISF надало прогноз, за яким у 2025 році світовому флоту буде потрібно додатково 147,5 тис. осіб. Якщо зараз нестача командного складу суден покривається за рахунок збільшення термінів робочого часу моряків, то надалі цей шлях буде проблематичним [2].

Всього за 2021 рік в світі відбулось 972 аварії з них 60 суден загинуло 379 моряків стали жертвами лиха на морі [3]. У цьому ж році Балтійська міжнародна морська палата судноплавства опублікувала звіт. Відповідно до цього звіту Україна зайняла шосте місце по постачанню моряків на світовий ринок праці. Із загальної кількості 45% складають офіцери, решта - рядовий склад. У 2021 році нестача офіцерського складу у світовому судноплавстві оцінюється у 26240 осіб (що складає близько 3% потреби). До 2026 року планується збільшення потреби у офіцерському складі на 17900 осіб щорічно [4].

Відповідальність за правильне розв'язання задач безпеки мореплавства покладено на весь командний склад суден, включно і на судномеханіків, тому враховуючи посилення екологічної безпеки судноплавства та впровадження нових технологій на суднах, вимоги до підготовки судових механіків постійно ростуть та вимагають постійного підвищення обсягу та рівня професійних знань та навиків.

Робота в морі передбачає переважно спеціальну освіту. Теоретична і практична підготовка моряків потрібна для безпеки і злагодженої роботи в судовому екіпажі. Не маючи потрібних навичок поганий фахівець на борту піддає ризику не лише себе але і інших. Для того, щоб піти в перший рейс рядовим моряком досить пройти спеціальні курси. Будь-який громадянин України у віці 17 років, який отримав середню шкільну освіту має право вчитися у відповідному навчальному центрі і отримати повний пакет морських документів.

Перелік сертифікатів для моряків відрізняється залежно від посади, спеціалізації та типу судна. Тому, окрім основних сертифікатів, що відповідають посаді, деякі судовласники вимагають додаткові специфічні сертифікати.

Україна видає морські дипломи і сертифікати міжнародного зразка відповідно до правил Міжнародної конвенції про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року, з поправками та документи національного зразка, які не вимагають підтвердження за кордоном відповідно до Міжнародної конвенції про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року, з поправками (МК ПДНВ-78).

Одним з пріоритетів якісної підготовки є наявність в країні тренажерних центрів. Міністерство інфраструктури України постійно оновлює перелік схвалених навчально-тренажерних центрів, підготовка в яких відповідає вимогам МК ПДНВ-78.

Зараз на базі **Державного підприємства "Сервісний центр морського та річкового транспорту" (Моррічсервіс)** введено комп'ютерне тестування моряків для присвоєння або підтвердження кваліфікації за допомогою системи Crew Evaluation System (CES) 6.0 компанії "Seagull Maritime AS". Відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України №734 від 30.06.2021р. прохідний рівень для успішного складання тесту складає 70% за будь-яким напрямком. Моряку надаються сертифікат про результати іспиту (CES – сертифікат), протокол засідання Державної кваліфікаційної комісії установленого зразка на основі CES-сертифікату. Таке тестування запроваджено в якості експериментального проекту до 01 березня 2023 року. Учасниками проекту є моряки та особи, які бажають підтвердити свою кваліфікацію з метою присвоєння або підтвердження звання чи зайняття посади на морських суднах, а також з 01.09.2022р. – випускники закладів фахової передвищої та вищої освіти, що здійснюють підготовку за відповідною спеціальністю (спеціалізацією), які бажають підтвердити кваліфікацію з метою присвоєння звання або зайняття посади на морських суднах [5].

Завдання якісної підготовки судових механіків ускладнюються нестандартними функціями під час роботи в умовах невизначеності, які можуть виникати в процесі експлуатації. Тому суттєву роль при цьому відіграє не лише про-

фесійна компетентність, а й здатність виконувати обов'язки комплексно інтегруючи всі знання вміння та навички. Принципово проблеми підготовки фахівців та контролю її якості не повинні відрізнятися від вимог сучасної вищої школи, проте процес підготовки має багато особливостей, насамперед через необхідність виконувати специфічні та професійні вимоги підготовки, які визначені міжнародними, державними, нормативними документами.

Успіх будь-якої галузі неможливий без розвитку ринку праці. Ключову роль в підготовці українського персоналу для світового флоту відіграють профільні заклади вищої освіти (ЗВО), а технічну – кріюінги. Зв'язок науки і практики на сьогодні забезпечуються зв'язкою університетів і вузького круга успішних практикуючих компаній.

За деякими оцінками в Україні сьогодні близько 146 тис. моряків [6]. Масовість цієї ніші є її доступність. Відносно короткий термін навчання, професійний іспит - і місце на судні вже не романтична мрія.

Кваліфікація українських моряків і рівень їх підготовки залишаються досить високими тому не залежно від рівня державного регулювання попит на українських моряків і професію буде рости. Уся система морської освіти в країні працює якісно. Україна видає морякам дипломи, які не вимагають підтвердження за кордоном.

Нажаль навіть сучасні інформаційні технології, різноманітні інновації в розвитку країни та у світі потребують модернізації системи освіти на міжнародному ринку праці, що може створювати ризики у цій галузі. Взагалі під ризиком розуміється можливість виникнення втрат і отримання незапланованих результатів.

Морська освіта незалежної України є багаторівневою та багатогалузевою й орієнтованою на європейські стандарти, оскільки реалізує всі етапи підготовки фахівців, які мають змогу отримати як робочі професії (з видачею відповідних свідоцтв), так і морські дипломи рівнів експлуатації та управління.

Нормативно-правовою базою організації морської освіти є низка документів національних та міжнародних, передовсім це Міжнародна конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року, з поправками та Кодекс до неї. Україна приєдналася до МК ПДНВ-78 в 1996 році. Зазначимо, що в 2010 році були прийняті зміни (Манільські поправки 2010 року) до цих двох документів. Найбільш суттєвими поправками було визначення нових посад для осіб командного складу й суднового екіпажу та зміни до таблиць мінімальних стандартів компетентності зокрема для механіків рівня експлуатації та управління. Це зумовило необхідність формування нових складників професійної компетентності морських спеціалістів, передусім володіння англійською мовою, а також вимог, які забезпечують підвищення рівня професіоналізму працівників морської галузі. Так, резолюцією 7 Конвенції встановлено відповідальність судноплавних компаній за добір і підготовку кадрів моряків, а також зазначено, що ефективність процесів відбору, підготовки та дипломування моряків може бути оцінена лише внаслідок оцінювання навичок, умінь і компетенцій, які демонструють моряки у процесі виконання своїх професійних обов'язків.

Завдання крьюінга – працевлаштування моряка (рис.1). При цьому необхідно переконати судовласника, що даний моряк по праву займатиме надану вакансію і за своїми професійними і особовими якостями не поступатиметься, наприклад, філіппінському претендентові на цю вакансію.

Професійний відбір персоналу. Етапи відбору кадрів



Рисунок 1 – Етапи до професійного відбору персоналу будь якої компанії

Далі завдання моряка не лише піти в рейс , але і проявити себе надалі як грамотний фахівець , забезпечивши тим самим на майбутні робочі місця собі і своїм українським колегам. Важливе усвідомлення того, що стати моряком – це не означає отримати пакет заповітних морських документів і піти в рейс.

Потрібне розуміння і того, що моряк – це не лише міф, романтика професії і матеріальний достаток , але і важка робота пов'язана з підвищеним рівнем ризику, яка вимагає від кожного хто виявився на борту судна дисципліни, професійних знань і навичок володіння правилами безпеки, уміння застосовувати їх при необхідності.

А навички спілкування англійською мовою забезпечить налагоджену роботу усієї команди. Такий фахівець може не лише конкурувати з азіатами, що витісняють сьогодні українців зі світового ринку праці і з часом повернути нашому морякові колишні позиції в цьому рейтингу.

Таким чином перед системою морської освіти ЗВО постає питання у виборі способів ефективної підготовки спеціалістів, впровадження якого забезпечить виконання міжнародних вимог і створить сприятливі умови на ринку праці для майбутніх спеціалістів [7].

На даний час більшої актуальності до якості навчання набирає проблема узгодженості викладання навчального матеріалу в різних дисциплінах, застосування міжпредметних зв'язків, але вона не завжди призводить до очікуваного результату.

Пошук шляхів впровадження міждисциплінарної інтеграції дав можливість відокремити три напрями сучасних пошуків удосконалення змісту дисциплін таких як:

1) розподіл навчальних предметів на основні блоків навчальних планів на базі спільної функції методологічної підготовки фахівців;

2) створення інтегрованих допоміжних навчальних посібників у межах одного наукового знання на основі його практичного застосування в оточуючому середовищі;

3) створення базових підручників із широким спектром, що включені у зміст можливостей практичної значущості матеріалів, що вивчають курсанти.

Доведена об'єктивна тенденція розвитку світового флоту відкриває можливості ЗВО для збільшення кількості підготовки студентів, а також покращення якості підготовки за рахунок своєчасного оновлення матеріально-технічної бази. Для відповідних заходів потрібно суттєво посилити фінансування ЗВО на початкову підготовку моряків плавскладу.

Це кваліфіковані спеціалісти, як правило із знанням морської іноземної мови, які освоїли експлуатацію новітніх суден світового флоту.

Для того, щоб зберегти та розширити ринок праці українських моряків, потрібно суттєво підвищити якість їх підготовки, перш за все оновлювати обладнання тренажерних центрів та навчальних закладів, що можливо лише за стратегії нарощування фінансування всієї системи підготовки плавскладу морського і річкового транспорту. Необхідне збільшення фінансування за рахунок коштів недержавних соціальних фондів та крьюінгових та суднохідних компаній.

Висновки: В Україні є багато навчальних закладів з високим рівнем підготовки моряків. На перший погляд, морська галузь успішно адаптуватися до реальності, що змінюється. Насамперед ця адаптація є скоріш вимушена, що дозволяє портовим терміналам перевалці вантажів, морякам – отримувати гідну заробітну плату, а суднохідним компаніям успішно керувати флотом.

На ділі – з правильною державною підтримкою ситуація може істотно покращитися, а Україна зможе зайняти провідне місце в Чорноморському регіоні.

Консолідація законодавчого досвіду сусідніх країн, фільтрація за принципом «якщо щось гарно працює – хай працює» та адаптація найкращих прикладів – найпростіший і дієвіший крок, який може втілити український уряд для розвитку морського бізнесу і освіти. Необхідна підтримка державою процесу отримання перших робочих дипломів випускниками та забезпечення плавальної практики курсантів морських закладів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кіндратів В. Морська адміністрація України йде шляхом реформ // Морський ранок: Додаток до журналу "Український туризм", №03 (08). – Одеса: ТОВ «Видавництво «Дзеркало світу», 2021. – с 2-3. URL: http://mw.com.ua/media/mr3_2021/

2. Коба В.Г. Шелест Т.М. Економічні аспекти підготовки моряків в Україні // Водний транспорт. Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. – К.: ДУІТ, 2018. – Випуск 1(27). – с. 75-76.
3. Морские происшествия 2021 // Информационный журнал Морской №125. – Черноморська первинна профсоюзна організація моряків, январь 2022. – с. 32.
4. Міусов М. Рейтинг українських моряків зростає // Морський ранок: Додаток до журналу "Український туризм", №03 (08). – Одеса: ТОВ «Видавництво «Дзеркало світу», 2021. – с 4-5. URL: http://mw.com.ua/media/mr3_2021/
5. Порядок реалізації експериментального проекту щодо проведення іспиту у формі комп'ютерного тестування для підтвердження кваліфікації моряків. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 30 червня 2021 р. № 734. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/734-2021-%D0%BF#Text>.
6. Mykhaiko Miyusov. Maritime Education and Training in Ukraine // Матеріали науково-технічної конференції молодих дослідників "Суднові енергетичні установки: експлуатація та ремонт", 17.11.2021. – Одеса: НУ «ОМА», 2021. –с. 6-11.
7. Парменова Д.Г., Бондар С.А. Особливості підготовки суднових механіків у сучасних умовах // Матеріали науково-технічної конференції «Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт», 18.03.2021 – 19.03.2021.– Одеса: НУ "ОМА", 2021. - с.181-185.

УДК 656.61+ 504.056

Парменова Д.Г., Бражнік І.Д., Побережній Р.В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Заходь декарбонізації морського транспорту

Питання глобального потепління є серйозною екологічною проблемою перед світовою спільнотою. Зниження викидів діоксиду вуглецю (CO₂), що утворюється при згорянні палива, займає особливе місце серед екологічних завдань, що стоять перед транспортною галуззю, зокрема перед морським судноплавством.

Згідно з оцінками, які наведені в *Третньому дослідженні* Міжнародної морської організації (ІМО) з *парникових газів (ПГ)*, *результати якого були опубліковані в 2014 році*, викиди ПГ із суден, що здійснюють міжнародні перевезення, у 2012 році становили близько 2,2% антропогенних викидів CO₂, а до 2050 року було прогнозовано, що такі викиди можуть зрости на 50-250% [1].

Робота Міжнародної морської організації по боротьбі з викидами парникових газів (ПГ) із суден безперервно велася починаючи з 1997 року шляхом вживання обов'язкових технічних та експлуатаційних заходів щодо забезпечення енергоефективності суден згідно Додатку VI до Міжнародної конвенції щодо запобігання забрудненню з суден 1973 року, зміненої протоколом 1978 року до неї (Конвенції МАРПОЛ 73/78). Одним з важливих кроків було прийняття Комітетом із захисту морського середовища (Комітет) 13 квітня 2018 ро-

ку резолюції МЕРС. 304(72) «Початкова стратегія ІМО щодо скорочення викидів парникових газів із суден».

Метою Початкової стратегії ІМО щодо скорочення викидів парникових газів із суден (Початкова стратегія) є активна участь ІМО у реалізації міжнародної стратегії, спрямованої на вирішення проблеми викидів ПГ, які включають Паризьку угоду та її цілі, а також Порядок денний Організації Об'єднаних Націй у галузі сталого розвитку на період до 2030 року. Дорожня карта з розробки всеосяжної Стратегії ІМО зі скорочення викидів ПГ з суден (Дорожня карта) включила до себе перелік заходів, які мають бути реалізовані міжнародним судноплавним сектором щодо зниження викидів ПГ, а також включила список дій та заходів, які допоможуть стимулювати країн-учасниць щодо проведення досліджень, розробки в цьому напрямку та проведення моніторингу викидів ПГ з морських суден [1].

Початкова стратегія визначила масштаб завдань та цілей, що стоять перед міжнародним судноплавним сектором, які досягатимуться за допомогою впровадження для міжнародного судноплавства технологічних інновацій та альтернативних видів палива та/або джерел енергії.

Комплекс потенційних заходів, розроблених у стратегії, класифікується за часовими періодами їх впровадження:

- короткострокові заходи - заходи, які повинні бути остаточно визначені та узгоджені Комітетом із захисту морського середовища (Комітет) у період з 2018 по 2023 роки;
- середньострокові заходи - заходи, які будуть остаточно визначені та погоджені Комітетом у період з 2023 по 2030 роки;
- довгострокові заходи - заходи, які будуть остаточно визначені та погоджені Комітетом у період після 2030 року [1].

Основними підходами у досягненні цілей Початкової стратегії є:

- підвищення енергоефективності нових та існуючих суден, що базується на основі конструктивного коефіцієнта енергоефективності (ККЕЕ / EEDI);
- підвищення енергоефективності існуючих суден, що базується на основі Плану управління енергоефективністю судна (ПУЕС / SEEMP);
- визначення застосовних показників експлуатаційної енергоефективності;
- розробка механізму оптимізації та зниження швидкості;
- розробка нормативних заходів щодо скорочення викидів метану;
- розробка нормативних заходів щодо скорочення викидів летких органічних сполук (ЛОС);
- ініціювання та підтримка наукових досліджень та розробок;
- розробка схем заохочення першопрохідників;
- розробка керівництв щодо життєвого циклу ПГ / викидам вуглецю за всіма типами палива;
- реалізація програми ефективного використання альтернативного низьковуглецевого та безвуглецевого палива.

Активні кроки, спрямовані на декарбонізацію міжнародного морського транспорту, були зроблені ІМО починаючи з липня 2011 року, коли 62-а сесія Комітету прийняла резолюцію МЕРС. 203(62) про включення правил забезпе-

чення енергоефективності суден до Додатка VI Конвенції МАРПОЛ 73/78. Резолюція набула чинності з 01.01.2013 року та запровадила обов'язкові технічні та експлуатаційні заходи щодо забезпечення енергоефективності суден. Технічні заходи – введено обов'язкова вимога для всіх нових суден щодо обов'язкової сертифікації на відповідність конструктивним вимогам енергоефективності (конструктивний коефіцієнт енергоефективності (ККЕЕ / EEDI)). Експлуатаційні заходи полягали у запровадженні вимоги для всіх суден валовою місткістю 400 рег.т та вище мати індивідуальний План управління енергоефективністю судна (ПУЕС / SEEMP), який може бути частиною суднової системи управління безпекою (СУБ / SMS).

З 01 січня 2019 року набули чинності поправки до Додатку VI до Конвенції МАРПОЛ 73/78, ухвалені резолюцією МЕРС. 278(70), які ввели *систему збору даних щодо витрати палива судами* для суден валовою місткістю 5000 рег.т і вище, оскільки на їх частку припадає приблизно 85% викидів CO₂ від загального обсягу міжнародного судноплавства. Поправки включили обов'язкові вимоги щодо реєстрації та подання суднами звітності про витрати ними суднового палива, а також про подання інших даних, зокрема щодо непрямих показників «транспортної роботи», що визначається як добуток вантажопідйомності судна та відстані, пройденої за звітний календарний рік.

Зібрані дані за 2019 календарний рік, що склали базу *IMO DCS* - систему збору даних про споживання палива суднами [8], було проаналізовано та опубліковано разом із даними 2012-2018 років у рамках Четвертого дослідження ІМО з ПГ.

Наразі особлива увага приділяється заходам щодо існуючих суден. Більшість існуючих суден на даний момент не підпадають під дію вимог щодо відповідності ККЕЕ / EEDI, оскільки вони були побудовані до набрання чинності резолюції МЕРС. 203(62), тобто до 01.01.2013 року, тому, оскільки судна експлуатуються протягом кількох десятків років, відтак виникне ситуація, що для таких суден не буде застосовано обов'язкових вимог до енергоефективності, які дозволять забезпечити зниження викидів парникових газів.

У зв'язку з цим 17.06.2021 року на 76-ій сесії Комітету були розглянуті поправки до Додатка VI МАРПОЛ 73/78, що стосуються обов'язкових цільових технічних та експлуатаційних заходів щодо зниження вуглецевої місткості міжнародного судноплавства. Текст поправок було викладено в Резолюції МЕРС. 328(76) «Поправки до додатку к протоколу 1997 року про зміну Міжнародної конвенції щодо запобігання забрудненню з суден 1973 року, зміненої протоколом 1978 року до нього. 2021 Переглянутий Додаток VI до МК МАРПОЛ 73/78» [2].

Поправки до Додатка VI МАРПОЛ 73/78 будуть вважатися прийнятими 01 травня 2022 року, якщо до цієї дати не менше однієї третини Сторін або Сторони, сукупний торговий флот яких становить не менше 50% валової місткості світового торгового флоту, підтвердять свою згоду із внесеними змінами. У такому разі переглянутий Додаток VI набуде чинності 01 листопада 2022 [2].

Ключовими поправками цього документа є запровадження додаткових технічних заходів, спрямованих на зниження вуглецевої місткості суден, які

сформульовані в правилах 23 і 25 [2], якими введено вимога для всіх існуючих суден також, нарівні з новими суднами, відповідати конструктивним вимогам щодо енергоефективності (коефіцієнт енергоефективності існуючих суден (ЕЕХІ)). Усі існуючі судна при першому плановому огляді після 01 січня 2023 року повинні підтвердити, що досягнутий судном ЕЕХІ відповідає вимогам правил 23 та 25. Детальні Керівництва з реалізації цієї вимоги були прийняті резолюціями МЕРС. 332(76), МЕРС. 333(76), МЕРС. 334(76) та МЕРС. 335(76) [3-5].

Крім технічних заходів також були вжиті додаткові експлуатаційні заходи, спрямовані на декарбонізацію суден, що пов'язані з введенням вимоги до суден валовою місткістю 5000 рег.т і більше починаючи з 01 січня 2023 року щорічно розраховувати досягнутий річний експлуатаційний показник СІ за календарний рік (правило 28) [2]. Методика всіх необхідних розрахунків описана у спеціально розроблених Керівництвах резолюцій МЕРС.336 (76), МЕРС.337 (76), МЕРС.338 (76) та МЕРС.339 (76) [6-9].

Досягнутий річний експлуатаційний СІ повинен бути задокументований і звірений з потрібним річним експлуатаційним СІ, що дозволить визначити для судна рейтинг експлуатаційної вуглецевої місткості (Operational Carbon Intensity Rating), який може відповідати рівням А, В, С, D або Е (рівень А – максимально високий рівень ефективності, рівень Е – найгірший рівень ефективності) [2,9]. Границі для визначення річної експлуатаційної вуглецевої місткості суден з 2023 по 2030 рік встановлені на основі розподілу СІ окремих суден у 2019 році, тобто для того, щоб визначити ступінь необхідних покращень для рівня досягнутої вуглецевої місткості міжнародного судноплавства до 2030 року за еталон були прийняті отримані дані з *IMO DCS* за 2019 рік [6].

Судна, рейтинг яких знаходиться на рівні Е або протягом трьох років поспіль на рівні D, будуть зобов'язані розробити план коригувальних дій для досягнення необхідного річного експлуатаційного СІ та включити цей план до Плану управління енергоефективністю судна (ПУЕС / SEEMP) [2].

Досягнення декарбонізації морського торговельного судноплавства вимагає зусиль не лише з боку судноплавних компаній, тому Комітет із захисту морського середовища прийняв також резолюцію МЕРС. 323(74) про запрошення країн-учасниць до стимулювання добровільної співпраці щодо скорочення викидів ПГ з суден між портом та судноплавною галуззю [10].

Резолюція закликає країни-учасниці прискорити розгляд та прийняття портами в рамках їхньої юрисдикції заходів щодо скорочення викидів ПГ із суден, таких як:

- передбачити берегову установку електропостачання (переважно з відновлюваних джерел);
- забезпечити безпечне та ефективне бункерування енергоефективним паливом з низьким та нульовим вмістом вуглецю;
- заохочення переходу на низьковуглецеве та безвуглецеве судноплавство;
- підтримання оптимізації заходів до порту [10].

Очікується, що впровадження розроблених ІМО принципів та підходів Початкової стратегії, описані вище, при їх реалізації спільними зусиллями країн-учасниць Конвенції МАРПОЛ 73/78, дозволять до 2030 року скоротити у міжнародному судноплаванні викиди діоксиду вуглецю на одиницю транспортної роботи не менше ніж на 40% у середньому, а у довгостроковій перспективі дозволить до 2050 року поступово забезпечити зниження викидів парникових газів щонайменше на 50% порівняно з 2008 роком [8].

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.333(76) 2021 Guidelines on the method of calculation of the attained energy efficiency existing ship index (EEXI) (adopted on 17 June 2021).
4. Resolution МЕРС.334(76) 2021 Guidelines on survey and certification of the attained energy efficiency existing ship index (EEXI) (adopted on 17 June 2021).
5. Resolution МЕРС.335(76) 2021 Guidelines on the shaft / engine power limitation system to comply with the EEXI requirements and use of a power reserve (adopted on 17 June 2021).
6. Resolution МЕРС.336(76) 2021 Guidelines on operational carbon intensity indicators and the calculation methods (CII guidelines, G1) (adopted on 17 June 2021).
7. Resolution МЕРС.337(76) 2021 Guidelines on the reference lines for use with operational carbon intensity indicators (CII reference lines guidelines, G2) (adopted on 17 June 2021).
8. Resolution МЕРС.338(76) 2021 Guidelines on the operational carbon intensity reduction factors relative to reference lines (CII reduction factors guidelines, G3) (adopted on 17 June 2021).
9. Resolution МЕРС.339(76) 2021 Guidelines on the operational carbon intensity rating of ships (CII rating guidelines, G4) (adopted on 17 June 2021)
10. Resolution МЕРС.323(74) Invitation to member states to encourage voluntary cooperation between the port and shipping sectors to contribute to reducing GHG emissions from ships (adopted on 17 May 2019).

Обертюр К.Л. к.т.н., заступник директора ННІ
Національний університет «Одеська морська академія»

Утилізація виробничих та побутових відходів

З розвитком науково-технічного прогресу, винаходом нових технологій виробництва та задіяння морського середовища для перевезення почали з'являтися деякі негативні сторони взаємодії людини та природи.

На передовому місці серед них необхідно відзначити проблему промислових, транспортних та побутових відходів. Відомо, що у процесі перевезення товарів промисловості морським і внутрішнім транспортом дає основну масу найбільш токсичних та небезпечних відходів, які негативно впливають на біосферу. [1]

Слід визнати, що проблема утилізації відходів існувала завжди, ще задовго до існування людини, оскільки функціонування будь-якої системи без відходів неможливо. Але ця проблема, на той час вирішувалася самою природою, на основі закону кругообігу речовин, заощадження та втілення енергії фотосинтезу.

Сьогодні, природа, зі своїми механізмами нейтралізації та утилізації не в змозі переробити значну частину відходів, що накопичуються в біосфері в геометричній прогресії. Наприклад, найбільше у світі звалище побутових відходів знаходиться у Нью-Йорку на Стейтн-Айленді. За 48 років існування там накопичилося 68 млн. м³ сміття. У Стамбульському регіоні Умраніс, що знаходиться поблизу протоки Босфор, розташоване найбільше в Туреччині звалище побутових відходів. За деякими даними, їй навіть поступається Нью-Йоркське сміттєзвалище. У її надрах тривалий час відбувалася хімічна реакція і 28 квітня 1993 року звалище вибухнуло. Стамбульські квартали районів, що розташовані неподалік від звалища, відчули поштовх силою близько 6 балів. У результаті події було зруйновано 11 будинків, загинуло 39 людей. Після вибуху сміттєзвалище закрили, а цю подію назвали «Турецьким Чорнобилем».

Сучасні очисні споруди дозволяють знищити 40% рідких відходів, інші у вигляді неочищених стоків потрапляють у озера, річки, моря. Заводи, що займаються спалюванням сміття, утилізують 15 – 20% побутового сміття, решта 80 – 85% відкладаються на поверхні землі. Крім того, щорічно у водоймища з полів потрапляють мільйони тонн пестицидів, гербіцидів та інших хімічних речовин.

Паралельно з цією небезпекою існує небезпека поширення отруйних речовин, що залишилися з часів Другої світової війни. Технології їх знищення та утилізації не існує і до сьогодні, і тому залишки ОВ просто топлять у морях та океанах. Тільки в Балтійському морі «дружніми» зусиллями Німеччини, Великобританії, Росії затоплено 303 тисячі тонн хімічних боєприпасів та компонентів до них, які знаходяться сьогодні на глибині 100 метрів за температури 2-4оС.

Аналогічна ситуація і в Чорному морі, на дні якого на глибині 50 – 80 м було поховано тисячі тонн хімічних та звичайних боєприпасів. Це лише части-

на таких відходів цивілізації, що наповнюють води річок, морів та океанів. Можна сказати, що відходи поступово витісняють людину з її території, на зразок того, як людина витісняє природу.

Щорічно в Україні утворюється 35 млн. м³ відходів, тобто 0,8 м³ на одного мешканця. Ці відходи складаються на 670 сміттєзвалищах, з яких 80% не обладнані системами захисту від забруднення ґрунту, води та повітря.

Газоподібні відходи промисловості та морського і внутрішнього водного транспорту перетворили на смітник та атмосферу. Загальна кількість цих викидів вже зменшила прозорість атмосфери в середньому на 5%, а в таких промислових регіонах, як Донецько-Придніпровський в Україні – на 12 – 15%. Внаслідок потрапляння в атмосферу газоподібних відходів порушується хімічний склад атмосфери, де вже на 3% зменшилася кількість кисню і, на 5% збільшився вміст вуглекислого газу. Зміна балансу хімічного складу атмосфери спричинила так званий парниковий ефект і зміну (потепління) клімату. За різними оцінками вчених останніми роками середня температура повітря планети зросла на 0,5 - 1,5°C, що призвело до збільшення чисельності природних катаклізмів, повеней, посух, інфекційних захворювань людства. Внаслідок газоподібних викидів, у тому числі від засобів морського транспорту, в атмосфері накопичується окиси азоту, слабкі розчини кислот, хлор та фторвуглеводи, які руйнують озонову сферу.

Крім того, за 40 - 50 років освоєння космічного простору, запусків космічної техніки поступово і Космос перетворюється на сміттєзвалище. За різними даними, на навколоземній орбіті накопичилося близько 3 тисяч відходів у вигляді деталей, що вийшли з ладу, побутового та іншого роду сміття. Переважна більшість відходів обертається біля Землі в радіусі 2000 км, зі швидкістю 10 км/с. У разі зіткнення на такій швидкості з будь-яким об'єктом, їх енергія має дуже велику руйнівну силу, що може призвести до сходу об'єктів з орбіт і падіння їх на Землю. Прогнозується, що якщо засмічення космосу й надалі просуватиметься такими темпами, то за якийсь 5 років загальна маса відходів досягне 10-12 тисяч тонн, а до 2050 року буде неможливою будь-яка діяльність на земних орбітах не менше ніж 50 - 100 років.

Способи утилізації відходів

Спалювання

Сміттєспалювання - один з найдавніших способів утилізації сміття. Сьогодні для цього використовуються інсинератори, які здатні підтримувати температуру 1200 °C. [2] Повинні відповідати, прийнятим резолюцією МЕРС.244(66) «Стандартні технічні вимоги до суднових інсинераторів 2014 року», вимогам при їх сертифікації для установки на судах і мати схвалення типу Регістра і Адміністрації. Спалювання дозволяє знищувати потенційно шкідливі органічні сполуки та утилізувати тверді побутові відходи (ТПВ) з високою ефективністю.

Найчастіше спалюються:

- ☐ клеї, смоли, лакофарбова продукція;
- ☐ нафтовмісні продукти та продукти переробки нафти;
- ☐ використане гігієнічне приладдя;

- ☐ зіпсована та невикористана фармацевтична продукція;
- ☐ деякі хімічні речовини.

Проблема сміттєспалювання в тому, що при спалюванні сміття в атмосфері викидаються продукти горіння: сажа, пил, газ - у середньому при ліквідації 1 м відходів виробляється 3 кг шкідливих речовин. Цю проблему частково вирішують якісніше сортування спалюваного та встановлення димоочисного обладнання.

Поховання

Організувати могильник можна:

- ☐ на поверхні землі;
- ☐ під землею;
- ☐ у морі.

Важливо: поховання не передбачає суттєвого зменшення обсягу сміття, тому застосовується лише у тому випадку, коли його не можна утилізувати іншим шляхом (наприклад, спалити). Полігони, де зберігаються відходи, повинні бути на великій відстані від житлових районів (в середньому це 20-40 км).

Під землею розміщуються поховання небезпечних відходів (токсичних, радіоактивних). Для цих цілей намагаються застосовувати глибокі порожнечі, що не використовуються: занедбані станції буріння свердловин, шахти, колодязі. На наземних полігонах (у котлованах, бункерах) зберігаються речовини, у яких мало токсинів.

На дні морів можна складувати вугілля, мінеральні відходи, деякі види органічного сміття. Незважаючи на те, що поховані на дні речовини не впливають на життя на суші, вони можуть викликати помутніння води і завдати істотної шкоди морським мешканцям, тому не можна зберігати в морі нафтопродукти, пластмасу, ртуть і кадмій, троси, канати та рибальські сіті.

Компостування

Технологія компостування заснована на природному процесі біорозкладання - відходи згодом перетворюються на корисні речовини, що стимулюють зростання рослин та підвищують родючість ґрунту. Знезаражене біологічне сміття стає живильним середовищем для аеробних та анаеробних бактерій, що переробляють його в корисний компост.

Полігони для компостування сміття повинні бути достатньо зволженими та дренажними для відведення зайвої води – тільки тоді процес компостування буде успішним.

Компостують:

- ☐ торф та гній;
- ☐ безпечні харчові, рослинні відходи (наприклад, опале листя);
- ☐ тирсу, текстиль, папір.

Головний недолік компостування - необхідність дуже ретельного сортування продукту, часто неможливої у промислових умовах, проте метод часто використовується в селах, фермерських господарствах та СНТ.

Брикетування



Цей спосіб утилізації відходів виробництва та побуту, що дозволяє скоротити обсяг сміття, хоч і не в таких масштабах, як спалювання. Відходи розбираються і комплектуються в гомогенні брикети, які або вирушають на переробку, або зберігаються - але вже не великою купою, а компактно.

Рециклінг (recycling, «повернення в коло») — метод переробки відходів з метою повернути їх у виробництво або у незмінному вигляді (наприклад, як скляні пляшки та флакони після дезінфекції та повторного наклеювання етикеток), або у вигляді сировини для виробництва аналогічних товарів.

Рециклінг — перспективна технологія, оскільки не тільки не сприяє створенню нових полігонів для сміття, але й дає можливість використовувати повторно ресурси, яких у природі стає все менше.

Нещодавно не можна було й подумати, що алюмінію або міді не вистачатиме, але сьогодні їх недолік помітний і скоро істотно відбиватиметься на виробництві, тому особливо важливо переробляти, а не зберігати банки з-під пива або газування. Аналогічна ситуація з переробкою паперу: людство не встигає садити ліси з тією швидкістю, з якою їх вирубує, і природний баланс страждає, але здавання макулатури допомагає його зберегти.

Третій популярний приклад рециклінгу – переробка пластикової тари. Досить подивитися на фотографії «смітєвих плям» в океані або тварин, що страждають від великої кількості пляшок і пакетів в ареалі їх проживання, — і важливість збору пластику відразу стає зрозумілою.

Таким чином, на кожному судні повинні бути передбачені процедури з обробки сміття на судні, які містяться в міжнародному стандарті з управління та обробки судового сміття ISO 21070 [3]. Залежно від таких факторів, як тип судна, район плавання, чисельність екіпажу судна, необхідно удосконалення з управління ліквідацією сміття для виконання екіпажами суден, що направлено на рециклінг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Конвенції МАРПОЛ 73/78/97 Додаток V «Правила попередження забруднення сміттям із суден».
2. Регістр судноплавства України «Правила запобігання забрудненню з суден» Розробник: Єрмолаєв В.П., Білокурець А.О. 30.06.2020.
3. ISO 21070, Ships and marine technology — Marine environment protection — Management and handling of shipboard garbage. Second edition 2017-10.

УДК 532.593

Копійка П.І., Слободянюк М.В., Чабан О.Х.

Інститут ВМС Національного університету «Одеська морська академія»

Гасіння морських хвиль на вертикальній сітці з заданою проникністю

У світовій практиці морського гідротехнічного будівництва найважливішим завданням вважається знаходження ефективних конструкцій гідротехнічних споруд для гасіння хвиль. В патенті Російської Федерації №2094565 на винахід «Гидротехническое сооружение» запропонована споруда із гнучких полотнищ для гасіння морських хвиль. Ці полотнища розташовані вертикальними рядами уздовж берегової лінії, причому більш віддалені від берегової лінії полотнища виконані у вигляді сіток із заданою проникністю.

В даній роботі розглянута задача про взаємодію хвиль малої амплітуди з вертикальною сіткою з заданою проникністю. Отримані формули для обчислення основних величин взаємодії хвиль з вертикальною сіткою.

Хвильовий рух описується системою трьох диференціальних рівнянь з частинними похідними, які моделюють закони збереження маси і імпульсу [1].

Оскільки хвильовий рух рідини являється безвихровим і, отже, потенційним, то існує така функція $\varphi(x, y, t)$, що вектор швидкості рідини \vec{v} виражається через потенціал швидкості φ у вигляді $\vec{v} = \text{grad} \varphi$ [2], тобто

$$v_x = \frac{\partial \varphi}{\partial x}, \quad v_z = \frac{\partial \varphi}{\partial z}.$$

Підставляючи v_x , v_z у рівняння нерозривності $\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0$, отримаємо для визначення функції φ рівняння Лапласа

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0, \text{ або } \Delta \varphi = 0, \quad (1)$$

Так як масові сили є сили тяжіння, тобто мають потенціал, то рівняння руху Ейлера можна інтегрувати і представити у вигляді інтеграла Лагранжа

$$\frac{\partial \varphi_1}{\partial t} + gz + \frac{P - P_0}{\rho} = 0, \quad (2)$$

де P_0 – стала величина, яка дорівнює тиску повітря на вільній поверхні.

Далі будемо розглядати зону рідини нескінченної глибини H , обмеженою зверху вільною поверхнею $z = \zeta(x, t)$, яка в незбуреному стані збігається з площиною $z = 0$. На всіх твердих поверхнях повинна виконуватися умова рівності нулю нормальної до поверхні складової швидкості. На вільній поверхні потрібно задовольнити динамічні умови рівності гідродинамічного тиску P і атмосферного тиску P_0 , а також кінематичні умови.

Розглянемо задачу про хвильовий процес у басейні нескінченної глибини. Потенціал швидкості отримаємо у вигляді

$$\varphi = A \cdot e^{kz} \sin \theta,$$

де A – довільна стала, $\theta = kx - \sigma t$. Задовольняючи співвідношення на вільній поверхні знаходимо

$$(gk - \sigma^2) \cdot A \sin \theta = 0,$$

тобто $\sigma^2 = gk$.

Для профіля вільної поверхні маємо наступний вираз

$$\zeta = a \cos \theta,$$

де $a = \frac{A\sigma}{g}$,

a – амплітуда хвилі, θ – фаза хвилі, k і σ – хвильове число і частота, пов'язані з довжиною хвилі λ і періодом τ співвідношеннями

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}, \quad \sigma = \frac{2\pi}{\tau}$$

Дослідимо набігання прогресивної хвилі

$$\zeta_1 = a_1 \cdot \cos(kx - \sigma t) \quad (3)$$

на вертикальну стінку із заданою проникністю. Потенціал швидкості $\varphi_1(x, y, t)$, що відповідає хвилі (3) має вигляд

$$\varphi_1(x, y, t) = \frac{a_1 g}{\sigma} e^{kz} \sin(kx - \sigma t).$$

Функція $\varphi_1(x, y, t)$ задовольняє рівнянню Лапласа (1), граничним умовам на вільній поверхні та на дні, але не задовольняє умові проникності на вертикальній проникній сітці $x = 0$.

Тому, разом з $\varphi_1(x, y, t)$ розглянемо також потенціал швидкості φ_2

$$\varphi_2(x, y, t) = -\frac{a_2 g}{\sigma} e^{kz} \sin(kx + \sigma t) ,$$

якому відповідає прогресивна хвиля

$$\zeta_2 = a_2 \cdot \cos(kx + \sigma t) ,$$

що рухається у протилежному напрямку осі Ox та має амплітуду a_2 .

Доведено, що потенціал швидкості $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$ задовольняє умові проникності на вертикальній сітці при $x = 0$ і описує процес взаємодії хвиль з вертикальною сіткою.

$$\begin{aligned} (v_x) \Big|_{x=0} &= \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) \Big|_{x=0} = \frac{gk}{\sigma} e^{kz} (a_1 \cos(kx - \sigma t) - a_2 \cos(kx + \sigma t)) \Big|_{x=0} = \\ &= (v_{1x}) \Big|_{x=0} - \frac{gk}{\sigma} e^{kz} a_2 \cos \sigma t = (v_{1x}) \Big|_{x=0} - (v_{2x}) \Big|_{x=0} \end{aligned}$$

Тоді

$$a_2 = a_1 - a_1 \cdot \frac{(v_x) \Big|_{x=0}}{(v_{1x}) \Big|_{x=0}} ,$$

де $(v_x) \Big|_{x=0}$ – проекція швидкості на вісь ox на сітці, $(v_{1x}) \Big|_{x=0}$ – проекція швидкості на вісь ox перед сіткою.

Отже, потенціал швидкості хвильового процесу перед вертикальною сіткою запишеться у вигляді

$$\varphi = \frac{\sigma}{g} e^{kz} (a_1 \sin(kx - \sigma t) + a_2 \sin(kx + \sigma t)) ,$$

$$\text{де } a_2 = a_1 - a_1 \left(\frac{(v_x) \Big|_{x=0}}{(v_{1x}) \Big|_{x=0}} \right) .$$

Проекції швидкостей визначаються наступними рівняннями:

$$v_x = \frac{gk}{\sigma} e^{kz} (a_1 \cos(kx - \sigma t) + a_2 \cos(kx + \sigma t)) , \quad (4)$$

$$v_y = \frac{gk}{\sigma} e^{kz} (a_1 \sin(kx - \sigma t) + a_2 \sin(kx + \sigma t)) , \quad (5)$$

а потенціал швидкості хвилі позаду вертикальної сітки із заданою проникністю запишеться у вигляді

$$\varphi_2 = a_2 \cdot \frac{g}{\sigma} e^{kz} \sin(kx + \sigma t).$$

Якщо підставити в рівняння (2) проекції швидкостей (4), (5), то можна визначити розподіл тиску в кожній точці рідини і визначити тиск рідини на вертикальну проникнуту сітку.

В роботі отримано аналітичне рішення задачі про набігання хвилі малої амплітуди на вертикальну проникнуту сітку і отримані формули для потенціалу швидкості рідини в області до вертикальної сітки та після її проходження, а також формули для швидкості потоку в області його взаємодії з вертикальною сіткою.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Стокер Д.Д. Хвилі на воді. – М. : Изд-во иностр.лит.1959.
2. Сретенский Л.Н. Теорія хвильового руху рідини. М.– Наука, 1977.

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ ТА ІНШОМОВНА ПІДГОТОВКА СУДНОВИХ ІНЖЕНЕРІВ

UDK 811.111.-048.65(045)

Kozak S.V.

National University "Odessa Maritime Academy"

How to increase motivation for learning English.

Анотація: Стаття присвячена мотивації студента (курсанта) під час вивчення англійської мови, та яких результатів можливо досягнути, якщо вірно спрямувати цілі, враховувати емоційний стан, та задоволення яке отримує студент у процесі опанування мовою.

If it's important to you, you will find a way. If not, you'll find an excuse. - Those who want to achieve something are looking for opportunities. Those who do not want to look for an excuse. First, let's define the terms. Motivation is your desire to do something, the desire to achieve a goal. Motivation is often confused with needs and goals. Need - the need to eliminate discomfort. The goal is the end result that a specific person would like to receive. A simple example: hunger is the need (for food), the desire to eat is the motive, and the ultimate goal is to feel full.

Now let's get out of the jungle of psychology and enter the jungle of English. You have a need - to work as a manager in a large company (or simply to increase your income). Based on the need, we set ourselves a goal - to learn business English, reach the Intermediate level, etc. The motivation for this will be the desire to learn English, the desire to improve their level of knowledge of the language. In our next articles, we will analyze in detail what needs drive us when learning English and how to properly motivate ourselves depending on the specific type of need. And we recommend reading the article "Why people learn English - researching the goals of our students", from it you will learn which English course is best to study to achieve specific goals. To understand how to work with motives, let's figure out what types of motivation are. After that, we will be able to develop a set of actions to improve it.

Types of motivation. Motivation can be positive or negative. In addition, there is the concept of anti-motivation. Let us dwell on each of the points in detail.

Positive motivation has to do with what makes you feel good. For example, you wanted to learn English when you imagined how to successfully conduct business negotiations with foreign partners and get a promotion. Such thoughts lift your spirits and make you smile. You pick up textbooks right away, sign up for courses, or look for a good personal English tutor. At the same time, you feel energy in yourself, you understand that you will be able to overcome any difficulties and achieve success.

Negative motivation is a desire to learn a language, caused by such thoughts: if I know English poorly, I can disgrace myself in negotiations and do not take the desired position, the boss will be unhappy with me. Thinking like that is scary, so you are in a hurry to find a teacher, the best textbooks, and learn English. Basically, the

same thing happens, only you start from the negative, from your fear of failure. This is a less attractive option for motivation, we recommend that you still think positively. Fear fetters and blinds, interferes with reasoning logically.

Anti-motivation is motivation in the style of "100 and 1 reasons not to learn English", in fact, it is a reluctance to learn a language, even if you need it. It is most often the fault of those around you who have formed a negative opinion of you about learning English in general and about your own abilities in particular. For example, you once studied with a not very good tutor, and now you are not interested in learning the language, or someone laughed at your accent, and you became afraid to speak English. This is the kind of motivation that you need to get rid of. Better to forget about the negative experience as soon as possible. Change anti-motivation to positive motivation, modern language courses and English schools with teachers who can instill in you a love of the language and get rid of unnecessary complexes will help you with this.

How to find and increase motivation.

If you really want to do something, you will work hard for it. I think it all comes down to motivation. If you really want something, you will do everything to achieve your goal. Before increasing motivation, you need to decide which of the three types we will work with. We immediately forget about anti-motivation, we discard all fears of English. Let your mistakes in the past not be reflected in the future. It is also undesirable to use negative motivation. The practice of intimidation does not justify itself, in the end your negativity can turn into anti-motivation. We advise you to rely on positive motivation, that is, to link the process of learning English with positive emotions. How to increase motivation and not give up?

Choose the right language learning goal .

Let's talk about goal setting. Your goal should be specific, real, and helpful. For example, reach the Intermediate level in 7 months, provided that you are now at the Pre-Intermediate level. If you are a Beginner, then there is no point in setting such a goal: it is actually unrealistic (although there are very, very rare exceptions to the rule). Do not forget about the timing of achieving the goal. If you do not determine how long it will take to reach the Intermediate level, then you run the risk of stretching the process of learning English for many years. A goal is a dream with a deadline.

Link learning to positive emotions .

So you've made a plan. We hope you didn't have a thought: "There is so much to do." If such a thought has arisen in your head, let's adjust the plan, because the learning process should only evoke positive emotions. Therefore, we recommend that you take a responsible attitude to the choice of methods and ways of learning English and use only those that are really interesting to you and associated with positive. First, we will choose where to learn English. Are you sociable, like new acquaintances? Then we advise you to take courses. Is it difficult for you to communicate with strangers? Study English individually with a teacher or study on your own. Now we choose the appropriate teaching methods. We advise gamblers to learn new vocabulary with the help of various apps and games for learning the language: points are also awarded there for correct answers and you can improve your

level. Lovers can learn English using their favorite hits. Read the lyrics, translate them, learn new words. They are easy to remember after listening to your favorite hit several times. You can also use the simple and useful grammar learning method suggested in our blog post.

Get rid of negative stereotypes, think over a system of supportive attitudes.

Some people are influenced by public opinion, and it does not always correspond to reality. In our country, myths are still alive that languages need to be learned at a young age, that you need to have a special mindset, be a polyglot, and have a lot of money to travel abroad. We advise you to write down all such anti-motivation settings that you know. After that, put a fat cross on them, these myths have no right to exist. It is not necessary to strive to immediately become a virtuoso of English, start with "simple dishes" and move on, everything will work out. Do not forget to constantly remind yourself that you are doing a very interesting and useful job, that it will definitely come in handy in your life, that you can master the language.

Rejoice in your successes.

Remember to praise yourself and celebrate your successes. Some people have a small problem that prevents them from successfully learning a language: they fixate on their mistakes, and the desire to learn English gradually fades away, and motivation turns into anti-motivation. Get rid of such thoughts. Learn to notice your successes, your progress. Even if it is slow, it's not even bad: what comes quickly, quickly goes away. Learn English at a pace that suits you, and practice it to see how far you have progressed, it's a great motivation boost. How to do it? Try to read a book in English: we assure you, as soon as you overcome it, the "second wind" will open, and you will learn the language with renewed vigor. You can chat with foreigners abroad or on websites.

Imagine your future.

This interesting psychology trick is not only suitable for English learners. Imagine yourself in the future: you speak English at the Upper-Intermediate level. What roads have opened before you thanks to this? You are comfortable visiting English-speaking countries, you have received the coveted position. What barriers have disappeared? You are not shy about talking to foreigners, you have believed in your learning ability.

Learn to enjoy learning.

All things grow with love. If you use the previous tips in practice, then there will be no problems with this item. How exciting it is to watch a movie in its original language! It's great to suddenly realize that you are starting to enjoy a foreign speech. And how wonderful you feel abroad, when the locals understand you, and there is no need to actively gesticulate! And all this is your merit! Learn to enjoy learning English, then the question "How to motivate yourself" never arises before you. Your curiosity and good attitude towards the language will be powerful motivators.

1. LITERATURE

2. **Kozak S.V.** Formation of foreign language communicative competence for future specialist of the Navy: thesis, cand. of pedagogical sciences. Odessa 2001.

3. **Littlewood, W.** Communicative Language Teaching. Cambridge: 1981.
4. **Savignon, S.** Communicative Competence: Theory and Classroom Practice. Reading, Mass.:
Addison-Wesley. 1983.

UDK 811.111.-048.65(045)

Dombrovska S.A.

National university "Odessa Maritime Academy"

Getting started with online teaching

Since the coronavirus pandemic plunged us into uncharted territories of working and learning online, teachers have been trying to adjust to the new working environment. Although teaching online may seem to resemble teaching offline, it is believed that there are many differences between them and therefore a lot of preparation is necessary to this ever-increasingly popular way of working.

First of all, the teacher has to make sure that he/she possesses the following equipment before even considering teaching online as an option:

- Laptop/computer with a camera
- Headset with microphone
- Stable internet connection
- Platform for teaching live

Some extra equipment may include a whiteboard (a real one or a virtual one), pictures, realia etc.

Whereas the first three points do not require further elaboration, the fourth point is more complicated in terms of choosing a platform that is suitable and comfortable for you. There are several platforms that have proved popular lately, such as Zoom, Skype, Google Meet, Microsoft Teams or even Viber or Whatsapp. The first step to choosing a platform is to read about its features and plans so that you can decide whether or not it is worth trying out. Each of abovementioned platforms has advantages and disadvantages, for example, Skype does not include any online tools, but is quite sufficient for individual lessons, and Zoom ends group sessions after 40 minutes but has numerous tools for online lessons such as a virtual whiteboard. It is vital to read up on the features of some platforms or even watch a tutorial of using a platform before making a decision.

When starting online lessons, a teacher should establish some ground rules for his/her students and make sure students understood them. If a person breaks a rule, you can use a chatbox to give a student a warning or reprimand him/her in class.

Another important point is establishing rapport with the students. It is more challenging to develop a good rapport with students when you are in different places, cities or even countries. Some basic advice on this includes, of course, smiling and being friendly. It is always inspiring for you and your students if you are trying to get to know them. It can be done by asking them personal questions or giving them a questionnaire to complete and then discussing their answers with them. A good idea would be to bring in your personality, be authentic, be you. You could also try per-

sonalizing your lessons – think of some topics your students are interested in or need for their job. And last, but not least, tip is to encourage students and praise them when appropriate. Sometimes teachers tend to only give negative feedback glossing over students' efforts and taking it for granted which could discourage students' motivation.

Furthermore, it is significant to give clear instructions especially while teaching online on the grounds that it is more difficult for the teacher to check if the students are doing what they are supposed to do when you have an online class. A useful tip here is to ask your students some questions about the instructions given, e.g. What prepositions do you need to complete the sentences with?

A teacher should be really careful with the so called TTT – Teacher Talking Time. There is a danger of getting locked into a "talk-talk loop" (the term used by Jim Scrivener), in which you say something, but as there is no response from the learners, you say something else, and again with no response you add something else etc. Talking more is especially more tempting while teaching online when your students' microphones are turned off some or most of the time during the lesson and you do not receive immediate reactions to your questions or suggestions. It can get even worse if you are not able to see your students, so it seems as if you are talking to yourself. It would be better to ask one clear question and then be silent - and patiently allow even quite a long silence, while learners formulate what they want to say and turn their microphones on. If you continue adding something time and time again, your students will end up being confused and not knowing what question or comment they need to answer to. Everything a teacher says should be useful and meaningful.

Ways of giving tasks and feedback also require to be considered. Due to advances in technology, teachers are able to use many online labour-saving tools, such as Google forms for tests and surveys, Wordwall for interactive games, Canva for creating colourful and memorable presentations and so on. It is important, however, not to use too many of them to prevent students from getting confused. You could also give a task and ask your students to send their answers to you using Telegram, Viber etc. This way you will be able to give individual feedback to each student and you will not spend too much lesson time on it.

On the whole, online teaching has brought new exciting challenges, as well as new amazing opportunities for self-development for teachers. This article only skims over some useful tips for online teaching whereas there is far more of these worth reading and putting into practice on the Internet. It is eye-opening for the author how different can teaching be and how many things have to be taken into consideration.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Jim Scrivener. Learning Teaching / Jim Scrivener. - Oxford, Macmillan Education, 2009. - 431 с.
2. Tricia Hedge. Teaching and Learning in the Language Classroom / Tricia Hedge. - Oxford, Oxford University Press, 2008. - 447 с.
3. <https://www.futurelearn.com/courses/online-tutoring>

4. <https://sandymillin.wordpress.com/2020/03/14/ideas-for-adapting-group-lessons-to-working-on-zoom/>

УДК:8'76.6:656:6

Koblik V.V.

National University "Odessa Maritime Academy"

The Importance of Maritime English Proficiency

Maritime English proficiency standard is mandatorily used by all maritime based professionals and has become an important tool to ensure safety not only at sea but including shore, port and any maritime based industry. It is important for students to have sufficient proficiency in Maritime English as it is useful for them to use the accurate Maritime English terminology for journal and thesis writing and to practice correct communication and pronunciation of Maritime English.

English is well known as international language that should be used worldwide and in any type of maritime communication. The necessity for the establishment of Maritime English (ME) resources and materials has been discussed in many conferences as well as a number of projects on Maritime Education and Training (MET). Renowned researchers have shown interest in improving the level of Maritime English in shipping industry. However, the focus of these studies lies on the development of vocational and academic language courses which are aimed at the standard competence in the use of Maritime English for other related program. There are only a few studies discovered on the language competence and skills that Maritime Universities students need to acquire in order to deal successfully in their academic studies as well as with the challenge for potential shore side career path.

Nowadays maritime schools are faced with the biggest challenge for developing mariner with high standards of competence and professionalism with a good English communication skill.

National University "Odesa Maritime Academy" (NU "OMA") as one of the maritime universities in Ukraine that is able to provide mariners where it is important to ensure NU "OMA" does not face the same challenge. The level of proficiency of Maritime English among the students is important to be classified as to ensure adequate usage of Maritime English in any maritime communication. Besides, the wrong terminology used in Maritime English needed to be analysed as it is beneficial in academics and thesis writing for students. The usage of correct Maritime English must be ensured the best way to help marine undergraduate students to become a competent graduate with high proficiency and knowledge in Maritime English.

According to the legislation, English in the shipping industry is known as Maritime English and the teaching of the subject at all maritime universities, institutes and colleges worldwide are governed by the IMO Model Course 3.17 (Maritime English). Consequently, this world-class standard document for the training has set a standard for the English language to be taught and mastered so as

to comply with the regulation in maritime sector.

In maritime industry, English is considered as main tool for communication at sea and port. It acts as an important tool because of the international character of the maritime industry. Maritime job requirement has strongly emphasized the importance of English language proficiency in relation to shipboard operations and coastal areas. Companies employing non-native English employee have an obligation to ensure that effective English language country is available especially as members of the crew are now required to demonstrate knowledge of English adequate for professional and safety purposes at sea and shore areas. So, it is for ensuring to have a broad knowledge of English and good communication skills to be able to respond as the situation demands.

Besides, ship owners and shipping companies often seem to overlook basic issues like the training of the workers. Employing seamen from different nationalities brings different standards of training on board ship, both for what Maritime English is concerned in terms of SMCP, and for the level of knowledge regarding STCW, SOLAS, MARPOL and others. Along with this, cultural attributes which are brought by these seamen give a more complex extent to the use of the Maritime Language in any maritime sector. Therefore, seafarer's ability to communicate to an acceptable standard of English is very essential and important in nowadays industry especially in maritime industry.

Moreover, the increment on the number of casualty is caused by the poor level of communication skills of the employee.

The focus of these studies focus on the standard competence in the use of Maritime English for a proper academic writing thesis any the importance for any maritime communication. So they mainly concern about maritime students and their needs for a common language, which is essential for avoiding wrong maritime terminology.

Nowadays it is well known all around the shipping industry that English is the main and only language that should be used in any type of maritime communication. The English language is the lingua franca of the maritime industry. In shipping industry, the Standard Marine Communication Phrases (SMCP) are used primarily for standardization of communication in the ship to ship and ship to shore communication.

Lastly, the lecturers from Maritime Universities all over the world should be better in explaining the students about the importance of competence and fluency in Maritime English. It is worth to note that the students as a new learner of a language (English language) really do need to build a solid foundation of knowledge. It is beneficial for them if their lecturer had well experience for teaching Maritime English. It can help them to improve by using some important maritime terms used daily in shipping industry and for any type of communications in the maritime sector.

This is important for NU "OMA" as one of the maritime focused institute to upgrade the Maritime English proficiency of the students in order to help them attain the required writing and communication skills while in the performance of their duties and responsibilities.

Savchin A.Yu., Koblik V.V.
National University "Odessa Maritime Academy"

Fresh water generator

Fresh water generator, one of the important machinery on board a ship, is something that cannot be done without. All modern ships today are equipped with fresh water generators. They enable an unlimited supply of fresh water to be produced. A considerable amount of fresh water is consumed in a ship. Every member of crew uses about 100 litres of water a day for bathing, washing, drinking and other domestic uses. In a steam ship (a ship whose main propulsion unit is steam turbine or a ship which is a large tanker having steam turbine driven cargo oil pumps) the consumption for the boiler can be as high as 30 tonnes per day. Average consumption for a ship with 20 crew can be between 15 to 20 tonnes per day.

Sufficient potable water may be taken on in port to meet crew and passenger requirement. Shore water is not preferred because it has impurities like chlorine and suspended particles. Impurities in the water can form scale on heat transfer surfaces, reducing the heat transfer efficiency of engine and boiler. Therefore there is a need for a freshwater generator to produce high quality water onboard ships.

Fresh water is generally produced on board using the evaporation method. There are two things that are available in plenty on ship to produce fresh water –seawater and heat. Thus fresh water is produced by evaporating sea water using heat from any of the heat source. The evaporated sea water is then again cooled by the sea water and the cycle repeats.

Generally, the heat source available is taken from the main engine jacket water, which is used for cooling the main engine components such as cylinder head, liner etc. The temperature available from this jacket water is about 70 deg. centigrade. But at this temperature the evaporation of water is not possible as we all know that the evaporation of water takes place at 100 deg. centigrade under atmospheric pressure.

Thus in order to produce fresh water at 70 degrees we need to reduce the atmospheric pressure, which is done by creating a vacuum inside the chamber where the evaporation is taking place. Also, as a result of the vacuum the cooling of the evaporated sea water will also take place at lower temperature. This cooled water is collected and transferred to the tank.

Nowadays, reverse osmosis is one of the methods, which are used on board for generating fresh water. Generally this is used on passenger vessels wherein there is a large requirement of fresh water production. However, in merchant ships the evaporation method used as reverse osmosis is costly and includes large maintenance cost for membrane.

Various types of fresh water generators used on board ships are mainly:

1. Submerged tube type fresh water generator
2. Plate type fresh water generator, and
3. Reverse osmosis plant

Whatever type of plant is used, essential requirement of any fresh water generator is that it should produce fresh water as economically as possible.

Working principle

The combined brine/air ejector driven by the ejector pump creates a vacuum in the system in order to lower the evaporation temperature of the feed water.

The feed water is introduced into the evaporator section through an orifice, and is distributed into every second plate channel (evaporation channels).

The hot water is distributed into the remaining channels, thus transferring its heat to the feed water in the evaporation channels.

Having reached boiling temperature - which is lower than at atmospheric pressure - the feed water undergoes a partial evaporation, and the mixture of generated vapour and brine enters the separator vessel, where the brine is separated from the vapour and extracted by the combined brine/air ejector.

Having passed a demister the vapour enters every second plate channel in the condenser section.

The sea water supplied by the combined cooling/ejector water pump distributes itself into the remaining channels, thus absorbing the heat being transferred from the condensing vapour.

The produced freshwater is extracted by the freshwater pump and led to the freshwater tank.

Freshwater quality

To check the quality of the produced freshwater continuously, a salinometer is provided together with an electrode unit fitted on the freshwater pump delivery side.

The salinometer and salinity cell, in conjunction with the solenoid operated dump valve and the spring loaded valve, control the quality of the water pumped to the fresh water tanks.

The salinity cell, in conjunction with the salinometer, measures the conductivity of the water produced by the evaporator which is proportional to the amount of salt in the distillate. The salinometer has a scale of 0 to 20 ppm (parts per million).

It has an alarm set, alarm light and alarm buzzer on the local panel and also sends an alarm signal to the main control station console.

The normal alarm setpoint is 2 ppm. When an alarm condition is realized, the solenoid operated dump valve opens allowing distillate to be dumped into the bilges. This allows the spring loaded valve to close, ensuring contaminated water is not sent to the potable water tanks.

Main components

The freshwater generator consists of the following components:

Evaporator section

The evaporator section consists of a plate heat exchanger and is enclosed in the separator vessel.

Separator vessel

The separator separates the brine from the vapour. Just like the evaporator section the condenser section consists of a plate heat exchanger enclosed in the separator vessel.

Combined brine/air ejector

The ejector extracts brine and incondensable gases from the separator vessel.

Ejector pump

Normally, the ejector pump is delivered by Alfa Laval, and the ejector pump is a single-stage centrifugal pump. This pump supplies the condenser with sea water and the brine/air ejector with jet water as well as feed water for evaporation.

Freshwater pump

The freshwater pump is a single-stage centrifugal pump. The freshwater pump extracts the produced freshwater from the condenser, and pumps the water to the freshwater tank.

Salinometer

The salinometer continuously checks the salinity of the produced water. The alarm set point is adjustable.

Control panel

Normally, the control panel is delivered by Alfa Laval. It contains motor starters, running lights, salinometer, contacts for remote alarm and is prepared for start/stop.

REFERENCES

<https://knowledgeofsea.com/fresh-water-generator/>

<https://www.marineinsight.com/guidelines/converting-seawater-to-freshwater-on-a-ship-fresh-water-generator-explained/?amp>

UDK 811.111.-048.65(045)

Бугаєнко Т.І.

Online teaching

The onslaught of corona has pushed all educational institutions, worldwide to immediately adopt online educational methods to cope with the lost times and catch up with the academic completion of students. It might have come as a boon, but it has its own share of problems.

As online trainers, we have an abundant amount of helpful foreign language resources to aid our virtual classrooms. Well-immersed into the 21st century, we are lucky to have technology that enables us to access these tools and resources within just a few clicks of our mouse. However, creating and using authentic material seems to bring us nothing but trouble. That's where we come in. Check out our guide to help you decide on what's worth using and how.

In this article we will be discussing various online teaching methods that will give you some ideas on [how to teach online](#) more effectively.

1.Experiment with graphical presentations

Presentations are one of the most effective ways to put forth an idea. Apparently about 65% of the population are visual learners. More than just lectures, if you implement creative visuals and slides, the retention of the topic presented will increase drastically.

Using only your words or completely depending on the slides doesn't work. It should be balanced. Also, have an active interaction with your students periodically. This will keep them interested and also, concentrate better. You can also assign students to give presentations as well.

This way they have an option of self-learning and can start developing presentation skills from a young age. Your presentation need not always be connected to the subject at hand, you can also include a few stories and make it more interesting and indulging.

Here are a few tools you can use to create a presentation-

- Microsoft PowerPoint
- Google Slides
- Slide Share

2. Use virtual white board

Written thoughts can be always put across more effectively than mere spoken words. There is a possibility of students missing many important points if the lectures are only vocal.

There are many online tutoring software that provide different features that will help you teach virtually more efficiently. You can use- images, connectors, and text on these boards. There are many techniques you can use, like – mind mapping, graphical representation, Venn diagrams, flowcharts, etc.

These techniques will help you to-

- Delegate and review assignments
- Brainstorm about lessons
- Upload documents
- Integrate multimedia content
- Schedule interactive sessions like- quizzes, presentations, group discussions etc.

3. Try out flipped classroom method

This has proven to be one of the most effective online teaching methods since its inception. About 9 out of 10 teachers have noticed a positive change in student engagement. This method is totally the opposite of what the traditional method stands for.

Here the students review and prepare for the class-to-come by studying the material prepared beforehand. This is then implemented through debates, problem-solving exercises, group discussions, quizzes, etc. under the teacher's guidance.

One of the main techniques in flipped classroom is pre-recorded study materials. You can either tape your own or if possible share your colleague's videos as well. You can also share these videos using a wider platform such as YouTube so that it is easier for a larger student base to access it.

4. Take live online classes more often

This is the only synchronous way where in a two-way communication is possible real-time. To say the least, you will be able to instil a personal touch to all your classes though you might not be present there physically.

Taking live virtual classes will help you to not only keep an eye on the student while you are teaching it also helps them in assessing their progress in real time.

Depending on the response to your classes you have the advantage to change the methodology or modify to suit them on the go.

These sessions also provide opportunity to students to clarify their doubts then and there.

However, there are a few things you need to keep in mind while taking live virtual classes-

- Always be prepared with an outline of your session's content
- Keep student engaged by asking them relevant question or providing associated facts etc.
- Do not deliver your lessons as one lengthy session. Break them down into sizable chapters so that it gives time and also helps students to understand better

Use efficient live class management tools with advance [Learning Management System](#) capabilities.

5. Exercise healthy group discussions and debates

One of the main negative outcomes of online tutorials is the sense of isolation. Hence, in order to minimize this as much as possible, do conduct group discussions, and make way for healthy debate platforms and other forms of team activities.

This will not only help them get more involved in what is being taught and in accelerating their learning process but also virtually socialize. You can also have a monitored group chat window that will help you and others from your class be connected. This can be a forum for subject related discussions and also help to clear any of the students' doubts and queries immediately.

6. Record screens and videos by using different tools

In case of online classes, the teachers and the students need to create many videos. The students need to make video presentation as a part of assignments so as to explain their work or understanding of the concept. The teachers need to record the live teaching session or create a response video to the queries asked by students.

There are different tools available which can help to create such videos with absolute ease. These tools enable the teachers or students to capture videos, add captions, add images or comments and trim them as well. These videos can be later uploaded on Cloud or YouTube for sharing purposes. Thus these tools come in handy during online classes.

7. Use Artificial Intelligence for improving teaching techniques

Artificial Intelligence is one of the less explored yet extremely effective technologies especially in the educational field. It can prove very beneficial if it is customised as the online educational requirements.

Artificial Intelligence can be used to analyse the performance of students. The AI powered tools can analyse and compare students' performances in single as well as multiple other subjects.

They can generate detailed analysis report of every student in the classroom which can help the teachers understand where a particular student is lagging. The teachers can thus give more focus on those students who are weaker in studies.

AI can also assist the teacher to find the perfect teaching techniques which the teachers can incorporate so that the students understand the concepts easily and can thus retain them for a longer duration.

8. Make use of templates for different purposes

It is scientifically proven that students can quickly understand and retain information for longer duration if taught using graphics or diagrams.

Many templates are available online which can help teachers prepare class schedules or create a lesson plan and share them with the students. These templates can help teachers and students to prepare presentations which can include images, info graphics, graphics, diagrams, etc.

A Report Card Template would help the teachers to track each student's progress and add it to the report card. The teachers can share these graphical report cards with the students at the end of the semester.

There are many more such templates available which can enable the teachers to explain critical topics in a fun and interesting way which would help students to not only understand them but also remember them.

9. Incorporate the technique of self-study

It has been observed that the students who acquired good marks during their board exams have given more emphasis on self-study.

The same technique can be implemented on online teaching but in a little different way. The teachers can assign topics to students which they need to study on their own. This helps the students to explore the topics in their own preferred ways according to their areas of interest. This type of teaching technique will help each student to bring in a different and new perspective while understanding the topic or concept.

This will also help the students to put in more efforts not only to understand the topic but also to explain it to others in their own words. Self-study will enable the students to find ways of learning new concepts in the ways that interest them and also help to find their interest even in the most complex topics.

These are not the only methods. You can either follow one among these or you can adopt other experimental methods and see what works for you and your students. You will learn and evolve with experience. It is almost impossible to get everything right on the very first attempt. So, take a deep breath and continue your hard work.

Creating Learning Materials

Once you've got your teaching set-up sorted, it's time to think about the materials and resources you'll use during your online language lessons. Just as with face-to-face lessons, there are four main skill areas that you'll want to cover:

- Listening
- Reading
- Speaking
- Writing

For each skill area, some materials and resources you could think about creating and using are:

Listening: Videos, podcasts, and music

With online tuition, you have the whole Internet at your fingertips, so make the most of it! Using screen-sharing to watch videos in the target language with your student, or listen to podcasts, then discuss them afterwards can be great to develop

listening skills. You can tailor your materials to the topic you are learning at the time – for example, you could watch weather forecasts, listen to news stories about politics. One resource that is particularly good is the BBC’s ‘Learning English’ website. It has short videos on a range of ESL topics, and news round-up videos that would be great to screen-share with your students during lessons.

Reading: News articles, short stories, and blogs

For reading skills, sending your students articles in advance that you can then discuss during your lesson can be a great learning tactic. You could also use blog-posts, short news articles, or side-by-side stories in English and your student’s mother tongue to practice their reading skills. Taking turns to listen to your student read, and then have them listen to you read, is useful to simultaneously develop their listening and reading skills

Speaking: Discussion topics and presentations

Many of the resources mentioned above will spark discussion and thus create an easy way to incorporate speaking into your online lessons. You could also ask students to prepare a short presentation based on the topic area you are focusing on, to practice their skills. They could even create a PowerPoint presentation, and screen-share videos with you to make it more interactive.

Other resources you could think about incorporating into your language lessons are games such as vocabulary flashcards, simpler games such as Hangman that you could do with your student using a Google Drawings document, or Word Association. There’s lots of inspiration online, so take some time to research games that you feel will best benefit your students.

Writing

Writing can be a trickier skill to develop through online lessons, but it is by no means impossible. Using worksheets that you can send to your student beforehand, or share through your Google Drive, then screen-share together can be a great way of incorporating writing into your lessons. You can also use past papers to work on areas such as essay planning and grammar.

Using Google Documents during your online sessions to practice writing skills, for example with the help of ‘story starter’ sentences that the student must continue, is also a great way to help to develop their writing style and accuracy.

Games are a great way of keeping lessons fun and interactive, and some that you could consider when teaching English online are:

- Vocabulary flashcards

- Hangman (which you could do in a Google Drawings document)

- Word association

Let’s focus on putting together some authentic material you can use in your next lesson.

Giving your students the opportunity to experience *real* language through natural conversation, learning new vocabulary and engaging in different language activities are just a handful of the great benefits. Without a doubt, authentic material exposes your students to culture and customs and, most importantly, how a language is really used.

Since these resources give even more cultural insight, they will also increase a students' motivation and better meet their needs. The goal is to understand and use the foreign language in real life; therefore using authentic materials will teach the students what they need to know to get there.

УДК 811.111:656.61

Hrynychuk H.V

National University "Odessa Maritime Academy"

The Communicative approach in seafarer's education

The Communicative Approach in language learning is an approach that is used in learning the second language or foreign language that emphasizes on the improvement of communicative ability", that is "the ability of applying the language principle in order to produce grammatical sentences and understand 'when, where, and to whom' the sentences used". [1] Communicative method focuses on language as a medium of communication. It recognizes that communication has a social purpose – learner which has something to say or find out." Communication embraces a whole spectrum of functions and notions". It is based on the idea that learning a language successfully comes through having to communicate real meaning and the main objective is to present a topic in context as natural as possible.

Communicative approach was developed in the 1980s as a reaction to grammar based approaches. This approach emphasizes the use of language for meaningful purposes in authentic situation. The main principles of communicative approach include: 1) goal of effective communication, 2) learning language by using it to communicate, 3) focus on meaning and appropriate usage, 4) focus both on fluency and accuracy, 5) use of authentic materials to reflect real life situation, and 6) integration of four skills (speaking, writing, reading and listening) [2] .

For seafarers to be able to communicate effectively , they need to be able to use and understand English in a range of situation . Being able to use English means understand, interpret messages from everyday speech to necessary professional terminology, respond to these messages appropriately and express themselves clearly. That is why it is so important to develop communicative skills. The language used to communicate must be appropriate to the situation, the roles of the speakers.

Communicative activities are essential. Learners must have constant interaction with and exposure to the target language. The topics are selected and graded regarding needs and student's level. Role-plays and dialogues with IMO phrases are frequently used at lessons. They function is to create a real situation using necessary vocabulary. Authentic material such as video, marine newspapers and magazines is key to supporting English language learning . When learners are involved in real communication, their natural strategies for language acquisition will be used, and this will allow them to learn to use the language.

It can be concluded that Communicative Approach is one of the most important approaches to help learners to be able to contact with others in order to talk fluently

and to express about themselves confidently and to present many social issues in their environment as quick as possible.

REFERENCES

1. Wikipedia. (n.d.). Retrieved March 12, 2010, from http://editthis.info/wiki/Communicative_Approach
2. Brown, H. D. (2001). *Teaching by Principles. An Interactive Approach to Language Pedagogy* (2nd Ed). New York: A.W. Longman, Inc.

UDK 811.111.-048.65(045)

Ionov M., Kravets G. B.

Alternative Fuels

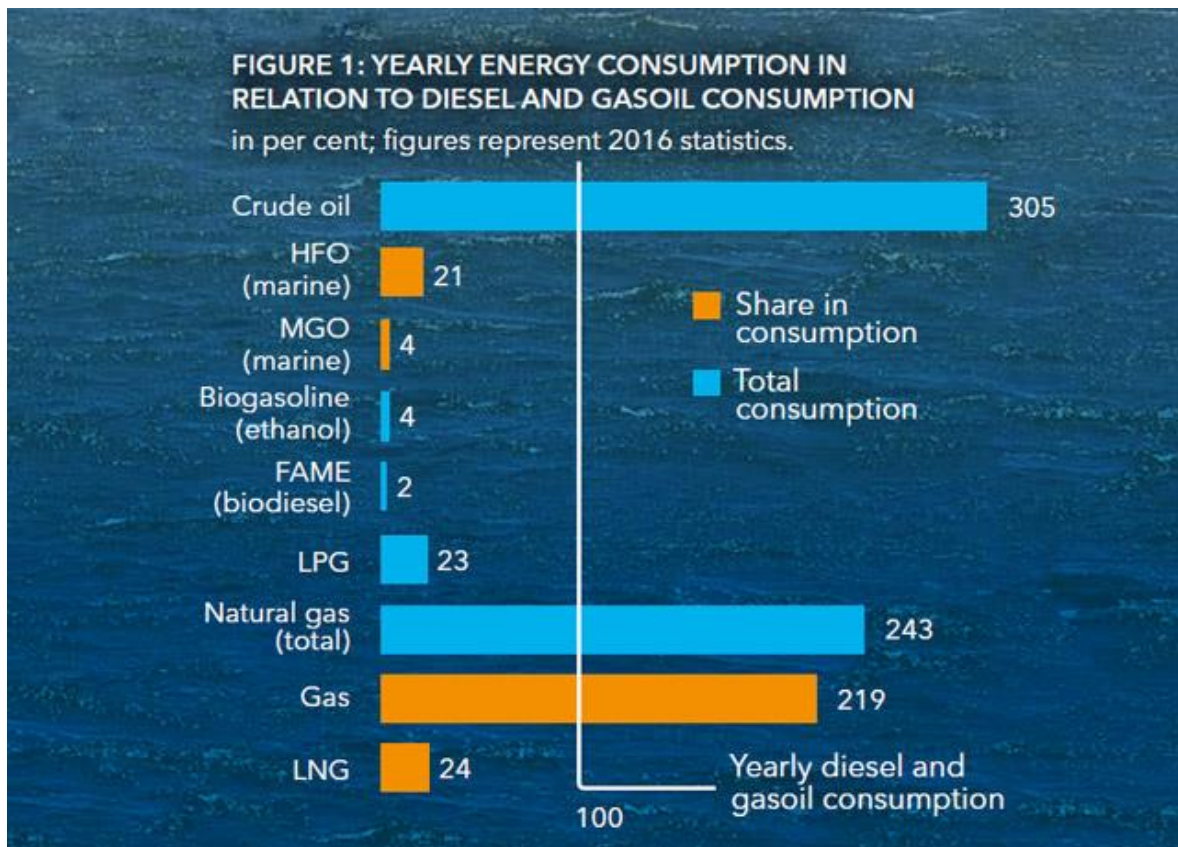
The IMO decision to limit the sulphur content of ship fuel from 1 January 2020 to 0.5 per cent worldwide, and the recently adopted resolution to reduce greenhouse gas (GHG) emissions by 50 per cent by 2050, will change the future mix of ship fuels dramatically. As shown in Figure 1, the combined amount of heavy fuel oil (HFO) and marine gas oil (MGO) consumed by ships accounts for no more than 25 per cent of total global diesel fuel and petrol production (2016 figures). This is roughly equivalent to the amount of energy consumed using liquefied natural gas (LNG), which stands at 24 per cent; however, LNG represents only a small portion (approximately 10 per cent) of the overall gas market.

Assuming an installed base of about 4,000 scrubbers in 2020, no more than 11 per cent of ship fuel usage will be high-sulphur fuel, DNV GL calculates. Latest estimates assume that no more than 2,000 scrubber installations will be carried out between now and 2020. This raises the question whether high-sulphur fuel will even be available outside the largest bunkering ports if only 4,000 or even fewer ships will be able to use it. The next question is what the price differential between HFO and compliant fuels will be.

New technologies and alternative fossil fuels

Among the proposed alternative fuels for shipping, DNV GL has identified LNG, LPG, methanol, biofuel and hydrogen as the most promising solutions. Among new technologies, the classification society believes battery systems, fuel cells and wind-assisted propulsion to offer potential for ship applications.

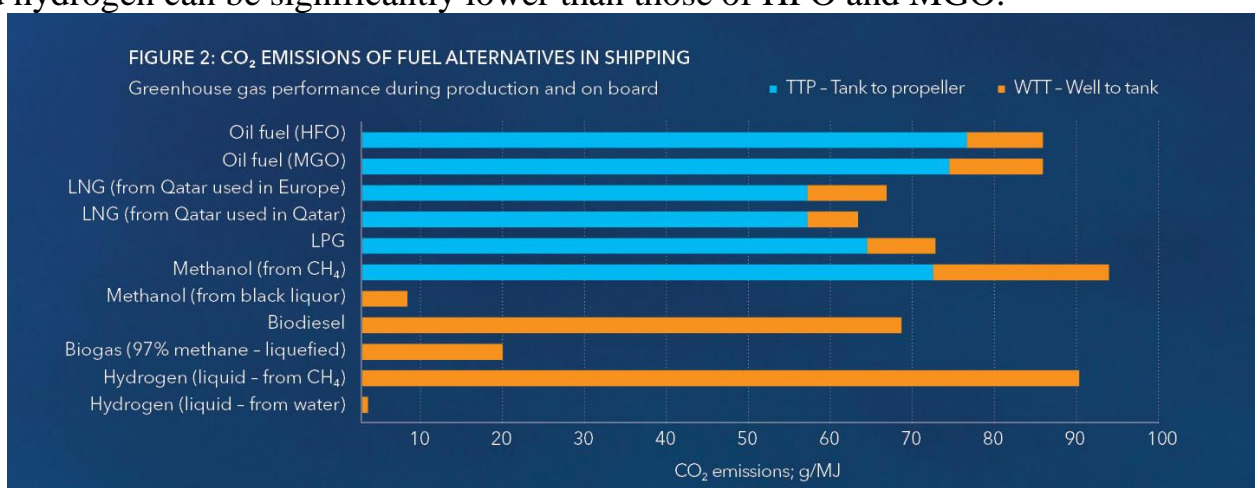
Fuel cell systems for ships are under development but will take time to reach a level of maturity sufficient for substituting main engines. Battery systems are finding their way into shipping; however, on most seagoing ships their role is limited to enhancing efficiency and flexibility. Wind-assisted propulsion, while not a new technology, will require some development work to make a meaningful difference for modern vessels.



Yearly energy consumption relation to diesel and gasoil consumption

When it comes to CO₂ emissions, LNG is the fossil fuel producing the lowest amounts. However, the release of unburned methane (so-called methane slip) could reduce the benefit over HFO and MGO in certain engine types. Methane (CH₄) has 25 to 30 times the greenhouse gas effect of CO₂. Nevertheless, engine manufacturers claim that the tank-to-propeller (TTP) CO₂-equivalent emissions of Otto-cycle dual-fuel (DF) and pure gas engines are lower than those of oil-fuelled engines.

If produced from renewable energy or biomass the carbon footprints of methanol and hydrogen can be significantly lower than those of HFO and MGO.



The greenhouse gas challenge

The cleanest fuel is hydrogen produced using renewable energy. Liquefied hydrogen could be used in future shipping applications. However, because of its very low energy density it requires large storage volumes, which may prevent hydrogen from being used directly in international deep-sea shipping. In a sustainable energy

world where the entire energy demand is covered by renewable, CO₂-free sources, hydrogen and CO₂ will be the basic ingredients for fuel production, most likely in the form of methane or diesel-like fuels produced in a Sabatier/Fischer-Tropsch process. The Sabatier process is a reaction between hydrogen and carbon dioxide at elevated temperatures – optimally 300 to 400°C – and pressures in the presence of a nickel catalyst to produce methane and water. An alternative, the Fischer-Tropsch process converts a mixture of carbon monoxide and hydrogen into liquid hydrocarbons in a series of chemical reactions.

Looking ahead, LNG has already overcome the hurdles of international legislation, and methanol and biofuels will follow suit very soon. It will be a while before LPG and hydrogen are covered by appropriate new regulations within the IMO IGF Code as well. The existing and upcoming environmental restrictions can be met by all alternative fuels using existing technology. However, the IMO target of reducing GHG emissions by 50 per cent by 2050 is ambitious and will likely require widespread uptake of zero-carbon fuels and further energy efficiency enhancements. Fuel cells can use all available alternative fuels and achieve efficiencies comparable to, or better than, those of current propulsion systems.



Selected items from regulatory timeline towards 2030

However, fuel cell technology for ships is still in its infancy. Promising and advanced projects are, e.g., those running under the umbrella of the e4ships lighthouse project in Germany, with Meyer Werft and ThyssenKrupp Marine Systems heading the projects for seagoing ships.

Wind-assisted propulsion could potentially reduce fuel consumption, especially when used for slow ships, but the business case remains difficult. Batteries as a means of storing energy can be considered as an alternative fuel source in the widest sense. Especially on ships operating on short, regular voyages, they have major potential as a means to boost the efficiency of the propulsion system. In deep-sea shipping, batteries alone are not an adequate substitute for combustible energy sources. Finally, with low-sulphur and alternative fuels becoming more widely available, the well-known combined-cycle gas and steam turbine technology as used in the PERFECT Ship project represents a viable alternative for high-power ship propulsion systems.

Molodtsova V.V.

National University "Odessa Maritime Academy"

The role of coaching in english language teaching

Language coaching is a popular trend now. How can it relate to language teaching? And what is the difference?

At the beginning of the 19th century, a coach was a person who helped students pass their exams. Then, it was used to describe a person who ran a sports team. The latter meaning is what we usually associate this word with today.

Outside the world of sport, coaching techniques have been mostly applied in business circles. Then followed other areas of coaching: life coaching, health coaching, academic coaching, financial coaching, etc. However, their common feature is leading a person from the point A which is how he's performing now to the point B which is how he'd like to perform. [1]

The key idea of coaching approach perfectly fits the goal of teaching foreign languages. A teacher aims to increase a student's knowledge of a subject, while a coach helps a person perform and succeed. In terms of a language mastering, knowledge of a language is crucial, but using that knowledge effectively to succeed is a different skill. One can study a foreign language for years, yet being not able to speak. Therefore, successful functioning in a target language shall be the priority for every learner.

Coaching and Teaching - What are the Differences?

The difference between education and coaching lies in the area of responsibility for learning. In traditional teaching, teachers take this responsibility – they deliver information, make their students practice and then assess them for progress. While a language coach apart from practicing and instructing discusses learners' motivation and strategies for achievement their goals.

In coaching, it is recognized that skills are developed both in classroom and outside it. Therefore, students' progress is evaluated in terms of their success outside the classroom setting. A coach asks correct questions to make students analyze their own learning process and discover answers themselves. Thus, a coach provides the support to learners in being responsible for their own learning process.

Traditional language teaching and language coaching represent two different models of authority. In short, "teaching is about the teacher and coaching is about the student." [2] Teachers transfer knowledge and train competencies; coaches motivate to improve performance, help achieve results and guide changes in behaviour patterns.

In the context of a real classroom, a traditional teacher normally familiarizes students with new grammar and vocabulary; with proper use of particular chunks in certain contexts; teaches how to present ideas clearly by using a target language grammar and lexis appropriately. When applying coaching techniques to language teaching, a teacher helps struggling students to trace what's holding them back; to

analyse their practice to try various ways of applying their language learning. A teacher tells more, while a coach asks and listens more.[2]

Michelle Hunter, who is the co-author of “The A-Z of Coaching activity book for teachers’, suggests ten ways of integrating coaching principles into teaching. [3]

Attention.

When students know that a teacher is genuinely interested in them, both enjoy a more satisfying lesson.

Ease.

Staying relaxed reduces stress in the lesson and creates a better learning environment.

Equality

One aspect of equality relates to the notion that all healthy brains are equally capable of thinking despite their experience and knowledge. Therefore, every student is capable to answer questions he or she gets. The other aspect is about giving equal speaking time to all participants.

Encouragement.

Language teachers should encourage learners to keep going despite a lack of vocabulary, grammar knowledge or poor pronunciation. Michelle recommends trying some “demand high” type questions, like: “What else can you think of? What other words could be used here?” [2]

Diversity.

Language teachers should recognize that all people are different as well as their ways of thinking. Everyone has its own tale. Students need to know they are safe to express their opinions and that they won’t be judged.

Place.

A teacher should create a student-friendly environment during the lesson. Coaches call it a ‘you matter to me’ environment. It may be sometimes difficult, but it does ensure better learning. However, as Michelle thinks, in some cases it may be simply picking up the rubbish from the floor. [2]

Feelings.

Both coaches and language teachers deal with all sorts of emotions. It’s well known that blocked feelings block the brain. Michelle advises to ask questions like “What’s on your mind right now?”, then listen, without interruption, to the answer.

Information

Keeping in mind the basic distinction of coaching from teaching, teachers are encouraged to self-monitor for whose benefit they are giving particular information at the lesson. A teacher should maintain the adequate balance of information transfer between students, from students to a teacher and from a teacher to students.

Incisive question.

An incisive question in coaching is such a question that helps to replace limiting assumptions with true and liberating ones. In the context of language teaching, the incisive question could be as follows: a teacher can ask nervous students about what, in their opinion, is stopping them from learning English. The response could relate to their poor abilities at learning languages. So the incisive question would be: “If

you knew that you were good at learning languages, what would you do in class today?” [2]

Appreciation.

Coaches emphasize that a ratio of 5:1 appreciative to challenging feedback generates better thinking. [2] Teachers are encouraged to thank students and show appreciation for their linguistic errors. How would we know what to teach if our students didn't make mistakes?

Who is Language Coaching For? How can it be applied in ESP teaching?

Experts mention two categories of students who can particularly benefit from language coaching. The first group are people who want or are forced by circumstances to learn a language independently, without attending English classes. Today, we have all possibilities for such an option – you can find everything you need on the Internet. The role of a coach is to help organize and guide this process. A coach sets goals, measures progress, and helps students find their learning style and methods.

The other group of learners are executives and managers who feel more comfortable to work on an individually tailored program, rather than using a set curriculum. [5]

The former group can involve seamen and cadets during their voyage periods when they are deprived of the possibility to have face-to-face meeting with their teacher, though in most cases have an access to the internet resources and messengers via which communication can take place. So, principles of coaching can be quite effective in such cases.

The world is getting more globalized, businesses are crossing the borders and become multinational and multilingual. This particularly concerns the domain of marine trade. The importance of speaking languages is over-the-top today. However, languages are much more than mere speaking. Languages embrace cultural diversity and a deeper degree of communication and comprehension among employees and management.

Multicultural competence is a part of a linguistic competence. Moreover, it is crucial to understand how to communicate not only on a language level but also on a humanistic level, so that employees could perform to their best abilities in an international environment. Many companies now are realizing the importance of the right approach to language learning, which leads to a cost-effective process on all sides.

THE LIST OF THE USED LITERATURE:

1. <https://www.verbling.com/ru/articles/post/what-is-language-coaching>
2. <https://www.myetpedia.com/10-ways-to-incorporate-coaching-into-your-lessons>
3. <http://www.timetothink.com/thinking-environment/the-ten-components>
4. <https://efficientlanguagecoaching.com/language-coaching-for-business>
5. Жицька С.А. Використання технології коучинга при викладанні іноземної мови професійного спрямування. Формула компетентності сучасного перекладача: матеріали VI Міжнародної науково-методичної конференції, м.Київ 25 березня 2015 р. К: NTUU «КПІ». с.104 – 107.

Петрушенко О., Баєв М., Бугаєнко Т.І.
National University “Odessa Maritime Academy”

What is Maritime English and Why It Is Important?

Communication plays a major role in the maritime industry, whether it be [between crew members](#), officers or between two ships.

Ambiguity and confusion are the primary causes of accidents and untoward incidents that happen onboard ships and other vessels.

When crew members speak a wide variety of languages, there can be some confusion in the meaning of phrases that they wish to convey.

To compound this problem, ships and [seafarers travel all over the world](#). They can fly a flag of one country, have a captain of another, and a crew of at least 7 to 8 different nationalities.

Without a common language, there can be difficulty in passing instructions among officers and crew members.

This is where Maritime English comes into play.

Adopted by the maritime and shipping community.

By having a set of terms unique to this domain, it rules out any possibility of confusion in meaning. A major issue with using normal terms such as left or right, front or back, etc. is the ambiguity associated with the directions.

For instance, say the captain issues an order changing direction by 5 degrees to the left. Whose left is to be taken for consideration in this scenario?

If the captain and the crew member controlling the navigation are in different locations, there can be quite a bit of confusion in this regard.

Furthermore, if the crew member is facing in a different direction, the ship may proceed off course, leading to possible damages. Thus, terms that can be used irrespective of one's orientation and location are extremely important.

Similarly, front and back face an issue with the relative direction. These issues are solved by adopting a common set of terms and phrases, used by all seafarers across the world.

This is known as Maritime English and is also referred to as the Standard Maritime Communication Phrases (SMCP).

SMCP has been developed by the International Maritime Organization (IMO) as the international standard for all maritime communication.

As English is considered to be the common language while at sea, Maritime English builds on the basic vocabulary of English while including unique phrases and terms to rule out any possible ambiguity.

It primarily serves three main functions-

1. Ship to ship communication
2. Ship to shore communication
3. Internal communications onboard a ship

Origin and Uses of Maritime English

SMCP or Building on the basics of everyday English, certain maritime terms have been adopted by the maritime and shipping community. Maritime English is thus various combinations of the English language and certain fixed phrases.

Seaspeak is known as a Controlled Natural Language (CNL) and borrows heavily from a limited English vocabulary.

In phrases where finding an appropriate English word may be difficult, terms from other common languages are also used. Seaspeak was developed at a conference of the International Maritime Lecturers Association (IMLA) in 1985.

It underwent multiply updates that aimed at improving the language to account for all possibilities of communication that may arise while at sea.

Eventually, it was combined with the Standard Maritime Navigational Vocabulary (SMNV) to form the SMCP language. This was in response to accidents that took place due to confusion in commands.

Ultimately, the SMCP was adopted in the 2001 conference of the IMO and has been in use since then. It aims to reduce language and communication-related accidents.

In a study conducted on the most common causes of maritime accidents, over 50% of the incidents were due to some form of miscommunication, and of these incidents, just under half was due to the improper use of SMCP and IMO approved phrases. Thus, it is important to equip all seafarers with sufficient knowledge on how to effectively communicate while at sea.

Commonly Used Terms Of Maritime English

There are some terms unique to the maritime sector that is a part of SMCP.

Firstly, direction plays a major role in navigation while at sea. Using lay terms such as right, left, front or back can be ambiguous. For this purpose, there are terms specific to ships.

The front of the ship is referred to as the **bow** or **fore**. The region at the back where the propellers are housed is known as the **aft** or **stern**. The region in between the aft and bow is known as the **midship**.

Similarly, when viewing the vessel from the stern to the fore, the left-hand side is known as the **Port** side, while the right side is the **Starboard** side.

The various horizontal levels on the vessel are known as **decks**, while the base is known as the **keel**. Another important term that is used is the **draft** of a vessel.

The draft refers to the depth of a vessel that is below the waterline. Thus, when the captain says that the fore-starboard region on deck 4 is out of bounds, he implies that the area to the front right-hand side of the vessel cannot be accessed by unauthorized personnel. Deck 4 is the number allotted to that particular deck which is inaccessible.

Another part of the ship that has a specific maritime name is the elevated area in which the captain and officers work. This is called the **bridge** of the ship and serves as the main heart of the vessel. Another term used in direction is **abaft**, which indicates an object being relatively closer to the stern. Thus, the rudder is **abaft** to the propellers on most conventional ships.

Abandon ship is a term used on ships to imply that a disaster has occurred and that the ship will eventually sink. It is an order issued by the captain to indicate that passengers and crew members are to board rescue vessels or life rafts and follow emergency protocols. Another accident that may occur is when a ship runs **aground**. In such situations also the call to abandon ship may be issued. When a ship is said to **capsize**, it turns over such that the keel is above water while the decks may be fully submerged. In such situations, the vessel is said to be **taking on water**.

An interesting way of referring to windows and doors within a ship is by calling them **access holes**. Similarly, the passages within a vessel are called **alleyways**. The **gangway** refers to a structure similar to a ladder that permits boarding of a vessel. The windows cut out into the hull of a ship is called **portholes**. The **pennant** refers to a flag that a ship is flying. This can either be a flag of convenience or a flag under which a warship operates.

The **course** of a ship refers to the path it is taking. This path can also be determined by referring to the **absolute bearing** of a vessel. This type of bearing gives the direction of the vessel with respect to true North. When the order to **stow** something away is given,

it indicates that a particular object must be stored in specifically assigned locker or bunker.

The **ballast** of a ship refers to additional water that it takes on board-specific **ballast tanks** to lower itself in the water. A **berth** refers to a place assigned to a ship at a port. It can either be for loading, unloading or just as a port of transit.

Lastly, there are a few terms referred to as message markers. They are used to prefix certain statements to clarify their meaning in case of poor communication. These include keywords such as “**INTENTION**” that means the seafarer is about to state a probable course of action.

“**WARNING**” suggests a possible warning issued by the authorities to a vessel. “**ADVICE**” is used to provide suggestions to the officers of a vessel regarding heading and a course. A “**REQUEST**” implies that some aid or facility is required by a ship. Another similar type of message marker is the QUESTION-ANSWER phrase, that is discussed in the next section.

Common Phrases and Examples Of Maritime English

One of the most common phrases used while at sea is “**Say Again**”, which indicates that the receiver was unable to understand the message and needs it to be repeated. This comes in place of other more complicated phrases that can be lost while in the relay. Instead of lengthy sentences such as “I could not hear you” or “Please repeat yourself”, this two-word phrase is short and to the point. It also has a lesser likelihood of being misunderstood or misheard.

Another very common set of phrases that are used in the maritime sector is the “**QUESTION – ANSWER**” group. Instead of asking a question using phrases such as “Should I” or “May I”, the seafarer can use the term **QUESTION** as a prefix to his query.

This states his intention and allows the receiver to understand that he has a question. In response, the receiver particularly uses the term **ANSWER** prior to answering the query. This ensures that the seafarer at the other end knows that his query is

being addressed. Thus, using these 2 prefix phrases, ambiguity about the nature of the conversation can be removed.

In case of some accident or issue, sentences such as “I am in trouble” or “I need help” can be easily misunderstood, especially in bad weather with poor broadcasting. Instead, the phrase “**I require assistance**” ensures that the message is not lost or misunderstood.

Prior to starting this phrase, it is advisable to also mention the reason or cause for your accident. This could be due to icing or immediate danger of sinking. After issuing the standard mayday and distress calls, it is also prudent to mention if any particular type of assistance is required and to also enquire into the ETA of the rescue vessel.

This is useful when it comes to reducing wasted time. By stating the issuing that you are facing and the type of aid required, the rescue team can send a group that is prepared to help you in this regard. They can also inform the shipowners of any complications and seek their help in understanding the layout and design of the vessel. SMCP plays a major role in disaster scenarios, as any miscommunication in such cases can have major consequences.

Certain distress signals can be used depending on the severity of the issue. The phrases **Mayday-Mayday-Mayday**, **Pan-Pan-Pan** and **Securite-Securite-Securite** are all used to indicate some form of distress information. Each varies in severity, with **mayday** implying a major issue with a high probability of sinking.

Securite is the least severe and is a French word used to simply indicate that the information following the signal contains important safety directives. Lastly, **SOS** is a common distress signal, which originated from the phrase “Save our Souls” or “Save Our Ship”. Most distress signals are repeated three times successively, to ensure that the message is carried out and is not lost in any possible miscommunication.

How to Use Maritime English

Using this type of language can be challenging for beginners. That is why it is important to pick up the nuances of conveying information. While conveying any message, it is important to ensure that the complete data is transferred.

Similarly, when speaking to passengers or crew members, it is also good practice to give them a brief idea of what to expect in a particular scenario. In this section, we will look at some common sentences and phrases used by seafarers in maritime English.

“Ship has run aground. I require assistance. Kindly provide rescue vessels to location ... Passenger and crew count totalling one-five-zero.”

The phrase is short and to the point. It indicates that the ship is in some form of distress and requests for assistance. The type of rescue and the location has also been provided. In addition, it allows the rescue team to know that they will have to look for a total of 150 individuals during search operations.

“Possible piracy attack. Location ... and heading ... I require immediate assistance. What is ETA of backup?”

By implying immediate danger and enquiring into the ETA, the person has conveyed a significant amount of information in just 3 short phrases.

Using the heading and course, a possible piracy attack can be thwarted by sending troops or a warship to the affected region.

One can also use single-word message markers to convey a message.

“QUESTION. What is the ETA of your vessel?”

“ANSWER. ETA zero nine hundred hours GMT.”

This exchange conveys the required information in an understandable manner. The person answering the question is conveying their estimated time of arrival (ETA) to be at 9 am GMT.

It is common to use military time standards using 4 digits in a 24-hour format. This removes ambiguity about the time into consideration.

Similarly,

“WARNING. Proceed with caution. Iceberg ahead.”

“INSTRUCTION. Stay on traffic lane 1.”

“REQUEST. Dispatch pilot immediately.”

“INTENTION. Vessel to move to traffic lane 1.”

When speaking to passengers over a PA system, using maritime English is also advised. In case of an emergency, take this opportunity to reassure the passengers and reiterate that the crew are doing everything in their power to improve the situation.

For instance,

“This is Captain ... Passengers are advised we have collided with another vessel. Minor fire on the upper deck. No imminent danger. Firefighting measures being implemented. In case of adverse conditions, you are advised to prepare for possible evacuation by heading to assembly areas nearest to you. Further information will be relayed by either me or members of my crew.”

Although this is evidently a stressful situation, the captain has conveyed a calm and composed message that boosts confidence among passengers.

Even during normal procedures, officers often communicate with passengers in maritime English. For example, once boarding has been completed, the captain often welcomes passengers and briefs them about basic safety guidelines. *“Ladies and gentlemen. This is Captain ... This is to inform you that we have left the port. We are currently at heading ... with favourable weather conditions. The stern and bow doors have been secured and you are advised not to venture to zones ... ETA at our destination is 1600 hours GMT.”*

By sticking to maritime English phrases, one is able to ensure communication without any probable issues. In addition, it reflects a calm and collected demeanour that suits officers and crew members of sailing vessels.

How to Obtain Maritime English Certification

Budding seafarers are often not provided with the opportunity to learn proper maritime English. This acts as a disadvantage when applying for jobs and when trying to move up the industry ladder.

That is why several private and government bodies offer third-part certification in maritime English. Along with teaching you the basics and more advanced phrases, they also provide documentation that shows your proficiency in the course.

The primary step to learning maritime English lies in picking up basic English terms. This can be especially challenging for non-English speakers, but there are a variety of courses out there that can help you in this regard.

The next step is to attempt one of the many certification exams conducted by authorized bodies around the world. With the documentation provided by them, one can apply for jobs in the maritime sector.

One of the most common tests taken by seafarers looking to pick up SMCP is MarTEL, which stands for the Maritime Tests of English Language. Provided by the European Union (EU) under a funded learning program since 2007, it combines standards from both IMO and SMCP. The project uses 3 grades provided by joint partners from around Europe to provide maritime English certification to seafarers.

Seaspeak, or Maritime English as it is more commonly known today, refers to key phrases used in the maritime industry to prevent accidents because of a difference in language fluency. It removes ambiguity in common everyday phrases and instead replaces several words with more relevant terms. From the crew to the officers, everyone must be up to date on the latest terms and usage of maritime English. A large number of courses can be found- both online and in-person, which provides certification for budding maritime seafarers.

By using the correct terms, information can be conveyed between members of a ship. It even ensures that 2 captains who speak different native languages can still understand each other. In addition to replacing common English phrases and words, maritime English also uses certain codes to indicate various occurrences. This can include fires, leaks, a probable chance for sinking etc. When used correctly, it can be immensely useful in the maritime world.

UDK 811.111.-048.65(045)

ПЯСКОВСКИЙ С. В., *Кравец Г. Б.*

National University “Odessa Maritime Academy”

Origin of the seafarers’ idioms

“Landlubber”

«Landlubber» – is a person who does not like to travel on water. Proud pirates used this word as an insult, because “landlubbers” are clumsy people who do not know how to handle a boat or ship. By the way, the root of this word “lubber” means clumsy, with poor/bad coordination.

Eric dropped his coffee down his shirt, he’s such a landlubber.

“All hands on deck”

Long ago, in the time of the pirates, this phrase was used on board ships (usually in emergencies). Hearing these words, the ship's crew knew that they all needed to quickly gather on deck. Today, this expression is used to emphasize the need for the participation of all team members.

We need to get this proposal over to the client by close of day, it’s all hands on deck.

“Left High and Dry”

To be stranded or left alone to cope with a difficult situation

The earliest explanation for this idiom refers to ships that were beached or out of the water above the tide line. If there wasn't enough water to float the ship away at high tide, then it may have been lingering for a while and could remain that way, because removing a ship without water could seriously damage its hull. Therefore, "high and dry" became synonymous with "stranded."

"Bottoms Up"

A cheers or toast with encouragement to drink or completely finish a drink

Nobody knows exactly from where the phrase "bottoms up" originates. There is a popular story used to describe its origin, but there is no evidence to show whether or not it is true.

According to the legend, English sailors used to be bribed with coins to join the navy, and, many times, they would be tricked into joining by being given a beer with a coin at the bottom of the glass.

In the story, men began to say "bottoms up" to their drinking partners so that they could see if coins were hidden inside of the glasses before the drinks were finished. This in turn became a popular toast to encourage finishing an entire drink. (Don't swallow the coin though!)

УДК 811.111:656.61

Umnikov M.O., Koblik V.V.

National University "Odessa Maritime Academy"

Main Directions of Ship Automation

In the modern maritime industry, IT technology plays a very important role, and its role and importance are constantly increasing. We have identified three main areas of ship automation. All these processes are closely interconnected. These are development of the Internet of things, as well as the use of blockchain technology and the introduction of ship automation, up to fully automatic ships.

Internet of things

The Internet of Things is a system of interrelated computing devices, mechanical and digital machines, objects with the ability to transfer data over a network without requiring human-to-human or human-to-computer interaction.

In the shipping industry Internet of things is being used increasingly to improve communication between ship and shore, for smart traffic management. A closer interface between ships and ports includes, for example, analysis of large databases to reduce the time it takes to transport and the time it takes to get vessels into ports. IoT is also used to develop systems that support navigation in hard conditions.

Blockchain

Blockchain is a distributed registry technology that allows you to record transactions safely in the registry in several places simultaneously without the need for a central administration.

In the maritime industry, blockchain can be used to track the movement of goods; to register information about ships, including global risks and their impact on

transportation; to switch to digital technology and automate the processing of documents. This will save time and reduce costs in transportation of goods. Blockchain technology is also widely used in the development of terminals and ports.

Automated ships

Automated vessels can provide increased safety and cost savings by removing the human factor from certain operations. It can be used in a wide range of operations, including: rescue, liquidation of accidents and oil spills, passengers and cargo transportation.

Crew expenses can make up to 42% of operating costs of a ship. However, this amount may become lower for vessels with smaller number of crews or without crews. With this, it is also possible to reduce shipbuilding costs, since there will be less space for placing crew and more space for cargo. Ship operations may become more environment friendly because new automated vessels are designed for operation on alternative fuels.

Ferry

The small, zero-emissions, self-driving electric ferry, which was launched in Norway in autumn 2018, works "like an elevator". Passengers on each side of the canal that separates the port and city center can press a button to call the boat to their side. The boat charges while it waits at the dock, fits up to 12 passengers as well as bicycles, and takes less than 60 seconds to make the crossing canal, what can save a 15-minute walk.

Working principle of first world's automated ferry is based on three points: understand, plan, act.

UNDERSTAND - data from the sensors is analyzed to understand the surroundings.

It's vital for the ferry to clearly understand the surrounding environment in order to navigate safely to the desired destination. This is achieved by several algorithms that use sensor data and knowledge from other similar scenarios. The more experience the algorithms get from different scenarios, the better they become.

PLAN - plan a safe route to the desired destination.

Once the ferry has a clear understanding of its surroundings, it can plan a safe and efficient route to the desired location. It will take other vessels headings and speed into account and look for the shortest possible route to the goal, without intercepting any of the other vessels or objects.

ACT - the plan is executed and continuously reevaluated.

Once the path has been generated, the ferry will start the crossing. The ferry will of course continue to see and understand the surroundings and continuously reevaluate the generated path and speed. If any object or vessel is approaching and risk to intercept the planned path, the ferry will first look to adjust its speed. If that is not enough then it will change its heading so that the object is avoided.

When the destination is reached, the boat will automatically dock. The doors will open and let passengers on and off, and then the process is repeated.

River transportation

China is persistently introducing innovative technologies in the field of river and sea freight transportation. In November 2021, the world's first self-discharging elec-

tric bulk carrier was launched. Its total displacement is 2.2 thousand tons, length - 70.5 meters, width - 13.9 meters, draft - 3.3 meters, side height - 4.5 meters. The crew consist of only 6 people.

The vessel is driven by 2 electric motors, the power of each is 169 kW. Electric motors powered by lithium battery with a capacity of 2400 kW / h, which is installed on board. Its charge is enough to provide autonomous navigation with a range of 80 km at a speed of 8 miles per hour. The battery contains 1000 lithium-ion packs, which can be supplemented with additional batteries if the cargo is heavier or needs to be delivered over a longer distance. The total battery charging time is 2 hours, which is exactly the period that is needed to complete the cargo handling operation. The ship is designed for river transportation of goods.

Concept

An example of the collaboration of all IT innovations is the world's first smart seagoing cargo ship, which was designed at the Shanghai Trade and Research Institute of Commercial Transportation and built by Huangpu Wenchong Shipbuilding Co in Guangzhou. The Chinese Classification Society has already issued a certificate to it, and it has been accepted by the state-owned corporation «China Merchants Group». It is the first seafaring vehicle that may be called "cyber-safe."

i-Dolphin (the name of the world's first intelligent vessel) has an innovative navigation system that collects and analyzes data on the condition of the vessel and the marine environment in real time. Based on the summarized information, the navigation system develops an optimal route that will provide maximum fuel and time savings.

Conclusion

The introduction of IT technologies has its advantages, but there are problems with cybersecurity and safety due to the lack of crew on board.

In the near future human interference will still be necessary in most ship operations, and the transport of goods and passengers on unmanned vessels will remain in fantasies.

Complete autonomy, where you leave the machines to themselves, is not a real scenario for now. At least you need a person to repair machines.

UDK 811.111.-048.65(045)

Урсул В., Бугаєнко Т.І.

National University "Odessa Maritime Academy"

Different Types of Marine Propulsion Systems Used in the Shipping World

Using propulsion forces, ships are able to manoeuvre themselves in the water. Initially while there were limited number of ship propulsion systems, in the present era there are several innovative ones with which a vessel can be fitted with.

Today ship propulsion is not just about successful movement of the ship in the water. It also includes using the best mode of propulsion to ensure a better safety standard for the marine ecosystem along with cost efficiency.

Some of the various types of propulsion systems used in ships can be enumerated as follows:

1. Diesel Propulsion

Diesel propulsion system is the most commonly used marine propulsion system converting mechanical energy from thermal forces. Diesel propulsion systems are mainly used in almost all types of vessels along with small boats and recreational vessels.

2. Wind Propulsion

Wind propulsion emerged as an alternative to those systems which emit huge quantities of CO₂ gases in the marine atmosphere. However, the usage of wind turbine marine propulsion has not started extensively in large commercial ships because of a requirement of constant windiness. Two wind propulsion systems for ships that have become lately are- kite propulsion and sail propulsion for merchant ships.

3. Nuclear Propulsion

Naval vessels incorporate the usage of nuclear maritime propulsion. Using the nuclear fission process, nuclear propulsion is a highly complex system consisting of water reactors and other equipments to fuel the vessel. The nuclear reactors in the ships are also used to generate electricity for the ship. Several merchant ships are also being planned to be constructed with this propulsion system

4. Gas Turbine Propulsion

Gas turbine propulsion is used for naval as well as non-naval ships. In case of naval ships, the gas turbine propulsion system aids in faster movement of the ships which is necessary in case of the ship coming under attack.

5. Fuel Cell Propulsion

Fuel cell propulsion systems use hydrogen as the main fuel component. Electricity is created in the fuel cell without any combustion whatsoever. The process is clean and therefore has been regarded as a very important alternative marine propulsion system. There are various types of propulsion under the fuel cell propulsion head like PEM (Proton-Exchange-Membrane) and the molten-carbonate systems.

6. Biodiesel Fuel Propulsion

Biodiesel propulsion has been deemed as a potential marine propulsion system for the future. Currently tests are being carried out to find out about the viability of this propulsion system which is expected to be in full operation by the year 2017.

7. Solar Propulsion

Solar propulsion for ships was utilised for the first time in the year 2008. Solar propulsion benefits include a high reduction in the poisonous carbon dioxide emissions. Solar propulsions are capable of generating a capacitance as high as 40 kilowatts (kW)

8. Steam Turbine Propulsion

Steam turbine propulsion involves the usage of coal or other steam-generating fuels to propel the vessel. Steam turbine maritime propulsion system was highly utilised between the late 19th and the early 20th century.

9. Diesel-Electric Propulsion

In simple terms, diesel-electric ship propulsion systems use a combination of a generator operated by electricity attached to a diesel motor. The technology has been in use since the early 1900s. In today's times, submarines and merchant ships incorporate the diesel-electric propulsion system to propel themselves.

10. Water-Jet Propulsion

Water-jet propulsion has been used since the year 1954. The most important advantage of water jet propulsion is that it does not cause noise pollution and offers a high speed to the vessels. In contrast the water-jet propulsion as a ship propulsion system is costlier to maintain which can cause problems to the user.

11. Gas fuel or Tri Fuel Propulsion

LNG fuel is now utilised to be burnt in the Main Engine after adopting some modification in the propulsion engine to reduce emission from the ship. It is known as tri fuel because it can burn gas fuel, diesel and heavy fuel. The various types of propulsion systems offer their own unique advantages to a vessel.

Depending on the necessity and the requirement, the best type of ship propulsion system needs to be fitted. Only then the vessel will be able to offer its optimum service capacitance.

UDK 811.111.-048.65(045)

Гончарук О.М.,
Національний Університет "Одеська Морська Академія"

Second Language Learning Difficulties

Second Language learners face so many difficulties mainly because of the negative interference of the mother tongue and the cultural differences.

Language transfer

Language transfer designates the interference of the mother tongue in second language learning. Learners apply knowledge from their native language to learn a second language. While this can help in understanding and using the target language, this can also hinder the proper internalization of the L2 (target language) rules, producing errors of syntax, vocabulary, and pronunciation. Learners are influenced by their L1 (mother tongue) in the following manners:

- They map their L1 grammatical patterns inappropriately onto the L2 as a result of syntactic differences between L1 and L2.
- They pronounce certain sounds incorrectly or with difficulty as a result of the difference in phonological systems.
- They confuse vocabulary items because they are misled by false friends (e.i. words or phrases that look or sound similar in both the mother tongue and the target language, but differ significantly in meaning.)

Linguistic interference can lead to correct language production when the mother tongue and the target language share many linguistic features. However, the transfer can result in errors when both languages differ.

Cultural differences

Learners' culture can be a barrier to second or foreign language learning. Cultural differences may cause confusion and cultural misunderstandings. Learners may have problems communicating with target native speakers because of cultural differences.

Learning a second language means learning to speak and comprehend it. But learners can't reach a high level of proficiency unless they are able to use the target language appropriately in the context of the target culture. To reach a pragmatic and socio linguistic competence, learners should be able to make correct assumptions about what interlocutors are saying. When the L1 and L2 cultures share similar features the assumptions made contribute to the learning. However, when both cultures differ in so many aspects learning is at risk.

Implications in the classroom

Teachers must take into considerations the strategies learners use to learn a second language.

- Learners tend to use their linguistic knowledge of the mother tongue (and may be knowledge of other languages they have learned.)
- Learners try to transfer their cultural knowledge to make assumption when communicating in the target language.
- Teachers must spot and highlight those shared features that may contribute to the target language learning.
- Teachers must be cautious in error correction because errors may be the result of negative language transfer or incorrect assumptions held about the target culture.

RESOURCES:

- 1) https://www.myenglishpages.com/blog/articles/?lcp_page0=4#lcp_instance_0
- 2) <https://www.cambridgeenglish.org>

УДК 811.111:378.091.33 (045)

Nikolayeva T. S.,
National University "Odessa Maritime Academy"

English language teaching methods. Role playing.

Role play exercises give cadets the opportunity to assume the role of a person or act out a given situation. These roles can be performed by individual cadets, in pairs, or in groups which can play out a more complex scenario. Role plays engage cadets in real-life situations or scenarios that can be stressful, unfamiliar, complex, or controversial which requires them to examine personal feelings toward others and their circumstances.

Unlike simulations and games which often are planned, structured activities and can last over a long period of time, role play exercises are usually short, spontaneous presentations but also can be prearranged.

Role playing can be effectively used in the classroom to:

- Motivate and engage cadets
- Enhance current teaching strategies
- Provide real-world scenarios to help cadets learn
- Learn skills used in real-world situations (negotiation, debate, teamwork, co-operation, persuasion)
- Provide opportunities for critical observation of peers

Using a set of guidelines can be helpful in planning role playing exercise.

- If you plan to use role playing as a graded exercise, introduce small, non-graded role plays early in and during the semester to help cadets prepare for a larger role play which will be assessed.
- Determine how the role play will be assessed: will observers be given an assessment rubric? Will observers' remarks and scores be shared with the role players? Will the observers' scores be included with the instructor's scores? Will the role players be given the opportunity to revise and present the role play again? Will observers be taught how to properly assess the performance (include meaningful feedback that is not purely judgmental but rather justify all remarks that are practical?)
- Instruct cadets that the purpose of the role play is to communicate a message about the topic and not focus as much on the actual person acting the role.
- Tie role plays to learning objectives so cadets see their relevance to course content.
- Allow time for cadets to practice the role play, even if it is spontaneous, so they will be able to think deeply about the role and present it in a meaningful way.
- Reduce large chunks of content into smaller sections which can be more effectively presented as a role play.
- When assigning a role play, explain its purpose and answer questions so cadets are able to properly prepare the exercise. Provide guidelines about content to include: general presentation behavior (eye contact, gestures, voice projection); use of props; and specific language to be used (content-related vocabulary) and language not to be used (profanity, slang).
- Challenge all cadets equally when assigning role plays so everyone will be assessed on equal ground.

Cadets can gain additional (and alternative) meaning from the context of role playing than from non-context specific book learning and lectures. By means of guidance from clearly developed objectives and instructions, role plays can help cadets gain knowledge and skills from a variety of learning situations. It can help in preparation for career interviews, cadets can assume the role of the interviewer and/or the interviewee.

Role plays provide cadets with the opportunity to take part in activities which mirror career-related scenarios. To help cadets understand the use of role playing

sessions, role plays should be content-focused, match learning objectives, and be relevant to real-world situations. Role playing exercises encourage cadets to think more critically about complex and controversial subjects and to see situations from a different perspective. When properly employed, role plays can motivate cadets in a fun and engaging way.

REFERENCES

1. Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). [Active learning: Creating excitement in the classroom. Washington, DC: The George Washington University].
2. Harbour, E., & Connick, J. (2005). [Role playing games and activities rules and tips].
3. Lebaron, J., & Miller, D. (2005). [The potential of jigsaw role playing to promote the social construction of knowledge in an online graduate education course].

УДК 629.5.064.5=111

Prusakov O. G., Shalyov A. S.
National University 'Odesa Maritime Academy'

Induction motor

INTRODUCTION

An induction motor (also known as an asynchronous motor) is a commonly used AC electric motor. In an induction motor, the electric current in the rotor needed to produce torque is obtained via electromagnetic induction from the rotating magnetic field of the stator winding. The rotor of an induction motor can be a squirrel cage rotor or wound-type rotor.

Induction motors are referred to as 'asynchronous motors' because they operate at a speed less than their synchronous speed. So the first thing to understand is – what is synchronous speed?

'Synchronous speed is the speed of rotation of the magnetic field in a rotary machine, and it depends upon the frequency and number of poles of the machine. The induction motor always runs at a speed less than its synchronous speed' [1; 85].

The rotating magnetic field produced in the stator will create flux in the rotor, hence causing the rotor to rotate. Due to the lag between the flux current in the rotor and the flux current in the stator, the rotor will never reach its rotating magnetic field speed (i. e. the synchronous speed).

There are basically two types of induction motors. The types of induction motor depend upon the input supply. There are single-phase induction motors and three-phase induction motors. Single-phase induction motors are not self-starting motors, and three-phase induction motors are self-starting motors.

THE ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

The Induction motor is widely used and most accepted in industrial applications. This motor is also used for domestic and commercial applications. The three-phase induction motors are almost 70 % of the machines used in industries. The induction motor has many advantages:

1. The working of an induction motor is straightforward. It can operate in any environmental condition, and the construction of an induction motor is robust and sturdy.
2. It is very cheap compared to the other motors.
3. It is a highly efficient motor; the efficiency of IM varies from 85 to 95 %.
4. The brushes are not used in an induction motor. So, there are no sparks in the motor, and it can be used in a polluted and hazardous environment.
5. IM maintenance is significantly less than the DC motor and synchronous motor.
6. Three-phase induction motor is a self-starting motor. So, any special starting arrangement or extra starting motor is not required. However, single-phase induction motors do not have self-starting torque, and it uses some auxiliaries to rotate.
7. In this motor, only one AC source requires to operate. It does not require DC excitation like a synchronous motor.
8. The speed variation from no-load to rated load is significantly less.

There are few disadvantages:

1. The motor's power factor is deficient during the light load condition.
2. The three-phase induction motor is a constant speed motor. The change in speed of the motor is very low during different loading conditions. So, the speed control of IM is difficult.
3. It operates at a very low power factor during light load conditions. Because of this, it draws a higher current. Which results in higher copper loss and less efficiency.
4. Single-phase induction motor is not self-starting. It requires some auxiliary for starting.
5. The motor cannot use in such applications where high starting torque is necessary, like traction and lifting weight.

CONSTRUCTION

'A three-phase induction motor mainly consists of two parts called the Stator and the Rotor. The stator is the stationary part of the induction motor, and the rotor is the rotating part. The construction of the stator is similar to the three-phase synchronous motor, and the construction of the rotor is different for the different machines' [2; 169].

The stator is built up of high-grade alloy steel laminations to reduce eddy current losses. It has three main parts, namely the outer frame, the stator core, and a stator winding. It is the outer body of the motor. Its main function is to support the stator core and to protect the inner parts of the machine. For small machines, the outer frame is casted, but for the large machine, it is fabricated. The stator core is built of high-grade silicon steel stampings. Its main function is to carry the alternating magnetic field which produces hysteresis and eddy current losses. The stampings are fixed to the stator frame. Each stamping is insulated from the other with a thin varnish layer. The core of the stator carries three-phase windings which are usually supplied from a three-phase supply system. The six terminals of the windings (two of each phase) are connected in the terminal box of the machine. The stator of the motor is wound for a definite number of poles, depending on the speed of the motor.

The rotor is also built of thin laminations of the same material as the stator. The laminated cylindrical core is mounted directly on the shaft. These laminations are slotted on the outer side to receive the conductors. There are two types of rotors. A squirrel cage rotor consists of a laminated cylindrical core. The circular slots at the outer periphery are semi-closed. Each slot contains an uninsulated bar conductor of aluminium or copper. At the end of the rotor the conductors are short-circuited by a heavy ring of copper or aluminium. The rotor slots are usually not parallel to the shaft but are skewed. The phase wound rotor is also called a Slip Ring Rotor. It consists of a cylindrical core that is laminated. 'The outer periphery of the rotor has a semi-closed slot that carries 3 phase insulated windings. The rotor windings are connected to the star. In this type also, the rotor is skewed. A mild steel shaft is passed through the center of the rotor and is fixed to it. The purpose of the shaft is to transfer mechanical power' [3; 102].

STATISTICS

This hundred-year-old motor invented by the great scientist Nikola Tesla is the most common motor type on ships even today. In fact, about 50 % of global electric power consumption is due to induction motors. Motors and generators for marine applications deliver high levels of performance and reliability in demanding conditions.

LIST OF USED LITERATURE

1. Marine Propulsion and Auxiliary Machinery: The Journal of Ship's Engineering Systems. Riviera Maritime Media. ISSN 1742-2825, 2017.
2. Practical Marine Electrical Knowledge. Third edition. Dennis T Hall, 2014.
3. Induction Motors: Analysis and Torque Control. Bahram Amin, 2008.

УДК 37.018.43=111

Shalyov A. S.

National University 'Odesa Maritime Academy'

Problem-solving in teaching english as a foreign language

Teaching a foreign language is not easy as it first seems. It is a complex phenomenon and implies different strategies, for example: a grammar-translation method, a direct or natural approach, an audio-lingual method, an immersion approach, a Total Physical Response method, and a communicative approach. The latter operates through critical thinking which has two key components: task assignment and problem-solving. So in this article problem-solving was chosen to be dealt with.

Many linguists have a common point of view as to problem-solving. For instance, according to J. E. Ormond 'problem solving is using existing knowledge and skills to address an unanswered question or troubling situation' [1; 14]. This definition seems to be true and might be used in organizing appropriate activities while teaching a foreign language — English in our case in a higher education institution like National University 'Odesa Maritime Academy'.

Why is this method important? The matter is that learners of this age and which is close to the end of their teens and more already have some life experience and some of them — even beginning from their second year of study have a shipboard training one. That is why they have plenty of things to share with the rest of the class and to speak about. They can also use their experience in solving different study tasks during classes.

It is very important to know what can be achieved with the help of this method. Doghonadze N., for example, writes that ‘problem solving in teaching a foreign language means:

- avoidance of giving ready-made answers in the process of presentation of new grammar and vocabulary, involvement of students in the formulation of grammatical rules and elicitation of vocabulary meanings from the given examples,
- ability of students to overcome independently the language problems arising in the process of communication,
- discussing / solving non-professional, everyday life problems through communication in the foreign language,
- discussion of texts dealing with problems,
- discussing / solving professional problems through communication in the foreign language’ [2; 104].

In our higher education institution, different problems might be picked up in accordance with the curriculum the learners have. For instance, during their first year of study, the learners might discuss initial steps into the propulsion system of a ship, the use of electricity on shipboard, routine of the deck and engine department, general drills, fire-fighting drills, a man overboard situation. During their second year of study, the learners might discuss everything connected with the engine department jobs, those who study at the Institute of Automation and Mechanical Engineering might deal with an electrician’s routine problems and the ones of a rotating machine. The third-year study learners might be engaged into a discussion of ship machinery, the fourth-year study learners might speak about everything that goes wrong with an electrician and electrical engineer are in charge of and numerous problems connected with computer hard and software, and the fifth-year learners might deal with problems covered in ‘English for Marine Scientific Research’ and even much more and so on and so forth.

Before starting any problem-solving activity ‘teachers must address three fundamental questions:

- what aspect of language do students need to learn;
- how might they learn this particular aspect of language;
- and how can teachers support their learning’ [3; 175].

Teachers have to deal with the first two questions before the double period begins during their preparatory phase and come up with some language structures, rules, and definitions. The third one is carried out while facilitating when the teacher goes around the class helping learners in their production stage.

Before starting this kind of activity the class might be divided into pairs or into groups of three / four learners. They try to find common ground in solving

the offered problem, then they may choose a speaker who will report the findings to the rest of the class, and later on after every speaker has their say, the best solution can be chosen.

Conclusion:

So problem-solving activity method could provide more insight to teachers to engage with the classroom environment and it may also help teachers 'to activate and consolidate prior knowledge and different ability of students to decode, understand, and solve the task' [4; 302].

LIST OF USED LITERATURE

1. Ormrod, J. E. Educational psychology: Developing learners. Upper Saddle River, NJ: Pearson Merrill Prentice Hall, 2006. 267 p.
2. Doghonadze N., Gorgiladze G. Problem solving in teaching foreign languages to students of pedagogical departments. IBSU Scientific Journal 2 (1), 2008, pp. 101-114.
3. Badger, R. Teaching and Learning the English Language: A Problem-Solving Approach. Bloomsbury Academic, 2018. 304 p.
4. Idris Sadri, Rahmah Fithriani, Saidurrahman, Maryati Salmiah, and Sholihatul Hamidah. Suggesting Critical-Thinking and Problem-Solving Method into Teaching English Reading to EFL Students in Indonesia. The Second Annual International Conference. Language and Literature. KnE Social Science. 2019, pp. 294-304.

УДК 811.111:378.091.33 (045)

Цинова М.В., Кравець Г.Б.

Національний Університет «Одеська Морська Академія»

До питання функціонування модальних дієслівних конструкцій в підмовах морської англійської (на прикладі морської підмови автоматики)

Широкий розвиток міжнародних наукових контактів та зростаюча потреба у знаннях іноземної мови серед спеціалістів різних галузей в епоху глобалізації ставить питання про необхідність такого опису іноземної мови, який би орієнтував реципієнта на потреби професійного спілкування на основі знання відповідних підмов науки і техніки.

Досягнення цієї мети навряд чи можливо без наукового обґрунтування виділення граматичних і лексичних явищ, які необхідно засвоїти реципієнту. Реальне функціонування мови в різних сферах людської діяльності призводить до стилістичної неоднорідності текстів, до їх сублінгвістичної та функціонально-стилістичної диференціації.

Оскільки науково-технічний текст реалізує не всю систему мови, а лише окремі її розділи, представляється актуальним вивчення структури та поведінки різних фрагментів мовної системи всередині текстів. Таким чином, накопичено певний досвід каталогізації та опису лексичних підсистем мови. Грама-

тичні аспекти науки і техніки не знайшли повного відображення в роботах з функціональної стилістики і в теорії підмов. Тому опис частини граматичного інвентарю підмов є важливим завданням сьогодні. Вивчення цього аспекту розвитку мови передбачає акцентування уваги на необхідності оволодіння різноманітним словосполучень.

У цій статті ми спробуємо розглянути лише особливості дієслівних словосполучень, які функціонують у науково орієнтованих текстах. У досліджуваних нами підмові було виявлено, що серед дієслівних словосполучень найчастішими є конструкції, що складаються з модального дієслова + інфінітиву, які становлять 57,95% від загальної кількості дієслівних конструкцій [1, с. 91], тому метою даного дослідження є спроба виявити деякі особливості функціонування дієслівних конструкцій у ряді підмов.

Матеріалом дослідження є тексти з журналів: «Maritime Reporter and Engineering News» та «Journal of Marine Engineering & Technology». Тексти зразка належать до одного функціонального стилю – наукового. Використано зразки текстів з підмови морських спеціальностей (автоматики). Обсяг вибірки становить 30 000 слів.

Одиницею підрахунку та розбору є дієслівна конструкція, тобто модальне дієслово + інфінітив. Дієслівні конструкції англomовних науково-технічних текстів розглядаються з точки зору іншомовного реципієнта.

Ми виявили, що відмінною рисою вживання модальних дієслів у підмовах морської англійської є їхня переважна сумісність з пасивними формами інфінітива [3, с.204]. Вживання пасивних та активних форм інфінітива в частотній групі конструкцій типу «модальне дієслово + інфінітив» показано в наступній таблиці.

Таблиця 1

Тип конструкції	Морська підмова автоматики
Модальне дієслово + пасивний інфінітив	71%
Модальне дієслово+активний інфінітив	29%

Переважаання пасивних конструкцій можна пояснити специфікою наукового стилю тексту, який характеризується описом процесів, фізичних явищ, фактів і т. д. Автор таких описів прагне зосередити увагу читача на процесі або на саме явище. Він називає дії, які можна або повинні виконуватися з деяким об'єктом, не згадуючи виконавця дії: *A transformer can also be investigated. Its limitation is that a new model must be built for each configuration.*

Цікаво відзначити, що у досліджуваних текстах ми відмітили конструкції типу «модальне дієслово + be + прикметник (прислівник)». Прикметники, що входять до складу цієї конструкції, мають значення загальних оцінок */useful, feasible, possible, prohibitive, sufficiently long, equally serious/*.

На основі наведених даних можна говорити про необхідність більш детального вивчення функціональності пасивних словесних конструкцій з урахуванням особливостей їх реалізації та перекладу в текстах різної цілеспрямованості на підмові морської автоматизації.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Береснев С.Д. Немецкий научно-технический текст с позиции русского реципиента: пособие для студентов и аспирантов неязыковых специальностей. Ульяновск, 1979 – с. 91
2. Селезнева Н.А. Использование модальных глаголов для осуществления функций научного текста. Пятигорский Государственный Лингвистический Университет, 2008 – с. 3
3. Кравець Г.Б. Цинова М.В., К вопросу о реализации английских модальных конструкций в подязыках морского английского// Матеріали шостої всеукраїнської мультидисциплінарної конференції "Чорноморські наукові студії"- Одеса, 2020. – 204 с.

УДК [355.233.1](#); [359](#), [378.09](#)

Гавалюх О.С., Козловська Л.В.

Інститут Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія»

Інноваційно-індивідуалізована методика в класичному навчальному процесі вищого військово-морського навчального закладу

Військово-морська специфіка організації життя на замкнутій (обмеженій) території в рамках корабля несення служби проявляється уже з перших днів навчання в стінах вищого військово-морського навчального закладу - Інституту Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія» (ІВМС НУ «ОМА»). Один за всіх і всі за одного, взаємовиручка і взаємодопомога, вміння само організовуватися, бути постійно зібраним і уважним - ті якості, якими повинен володіти сучасний військовий моряк, орієнтуючись на досвід ВМС ЗСУ та кращі приклади військово-морської організації НАТО. [1] Саме ця професійна складова, відповідно до інтегральних, загальних та спеціальних (фахових) компетентностей, покладена в основу інноваційно-індивідуалізованої методики вивчення навчальних предметів по кафедрі «Соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін». [8] Викладачі кафедри заповнюють прогалини в знаннях майбутніх офіцерів тактичного рівня ВМС ЗСУ і мотивують до ефективного навчання, керуючись принципом раціональності в навчанні: Там, де все зрозуміло, можна вчитися швидко, цікаво і досягти значних висот в освіті і професії. Перейти до наступної теми з будь-якої навчальної дисципліни можна тільки пройшовши контроль рівня. Розглянемо механізм реалізації інноваційно-індивідуалізованої методики в класичному навчальному процесі вищого військово-морського навчального закладу, до якого відноситься Інститут Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія» (ІВМС НУ «ОМА»).

Перед початком вивчення нового навчального предмету по кафедрі «Соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін» Інституту Військо-

во-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія»(ІВМС НУ«ОМА») науково-педагогічними працівниками (фахівцями кафедри) проводиться психологічне та предметне тестування. Психологічне тестування допомагає викладачам кафедри зрозуміти тонкощі психологічної організації та рівня сприйняття матеріалу (на швидкість, якість, глибину, творчість, ретельність, оригінальність, досконалість та ін..). Предметне тестування дає можливість виявити рівень побутового пізнання в предметі, що починає вивчатися, загальне розуміння термінів, сприйняття предмету чи не сприйняття та ін.. [4] Це дає можливість викладачу розробити карту індивідуального сприйняття предмета кожним курсантом і вистроїти план індивідуальної роботи з кожним, не виходячи за рамки класичного навчального процесу. Тобто, під час лекції викладається основний матеріал згідно з ПНД та РПНД, але в тексті лекції робиться акцентування на незрозумілому матеріалі частині курсантів(йде більш детальніше пояснення) , а тим часом ті, що вже знайомі з цією частиною матеріалу чи добре її зрозуміли, опрацьовують додатковий матеріал для поглибленого вивчення з допомогою індивідуальних ПЕОМ. На семінарських заняттях є можливість здати теми екстерном шляхом тестування та усного підтвердження позитивних результатів тестування. А в час, що вивільнився, курсант може надолужити самопідготовку з подальших тем навчальної дисципліни чи іншої навчальної дисципліни, якщо цю навчальну дисципліну він уже засвоїв.[5] Такий інноваційно-індивідуалізований підхід до вивчення навчальних дисциплін по кафедрі «Соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін» Інституту Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія» стимулює роботу курсантів, полегшує сприйняття навчальних дисциплін і вивільняє час на засвоєння того, що дається курсанту важче. Таким чином вистроюється індивідуальна траєкторія навчання кожного курсанта. [3] Вона враховує не тільки реальний рівень знань з навчальної дисципліни , а й особисту швидкість сприйняття інформації, спектр інтересів, психологічні особливості курсанта. Науково-педагогічні працівники кафедри «Соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін» Інституту Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія»(ІВМС НУ«ОМА») знають, як зробити вивчення навчальних дисциплін, дійсно захоплюючим і зрозумілим, а професійну освіту осмисленою і повноцінною. Інноваційно-індивідуалізована методика вивчення навчальних дисциплін застосовують для того, щоб курсант отримав все, що потрібно для повноцінного військово-морського життя зараз і заклав основи блискучого майбутнього офіцера тактичного рівня ВМС ЗСУ, захисника водних рубежів України. Професорсько-викладацький склад кафедри «Соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін» весь час працює над підвищенням свого рівня освіти і рівня освіти курсантів ІВМС НУ «ОМА». Ними завжди рухає інтерес. Специфіка ВМС ЗСУ дала неоціненний досвід розуміння проблемної вищої військово-морської освіти і реальних процесів пізнання. Науково-педагогічні працівники (фахівці кафедри) досліджували досвід вищої військово-морської освіти різних країн світу, включаючи НАТО, вклали своє розуміння і досвід у впровадження інноваційно-індивідуалізованої методики вивчення навчальних дис-

циплін в ІВМС НУ «ОМА».[1] Головна мета кафедрального проекту з реалізації інноваційно-індивідуалізованої методики вивчення навчальних дисциплін в ІВМС НУ «ОМА» підрозуміває бачення сучасного курсанта ВВНЗ як такого, що може дуже багато. Викладачі кафедри «Соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін» Інституту Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія»(ІВМС НУ«ОМА») намагаються надати їм можливості для повноцінного розвитку і реалізації в рамках програм навчальних дисциплін - необхідної бази для розвитку і становлення професіоналів спеціальностей 254 та 255 напрямку «Військові науки». [1] Індивідуальна освітня траєкторія – персональний шлях реалізації особистісного потенціалу здобувача ступеню бакалавра та магістра на першому та другому (освітньо-науковому) рівні вищої освіти, що формується з урахуванням його здібностей, інтересів, потреб, мотивації, можливостей і досвіду, ґрунтується на виборі курсантом видів, форм і темпу здобуття освіти, суб'єктів освітньої діяльності та запропонованих ними освітніх програм, навчальних дисциплін і рівня їх складності, методів і засобів навчання. [4] В освоєнні індивідуальної траєкторії навчання курсантам ІВМС НУ «ОМА» допомагають ретельно відібрані професійні педагоги-консультанти (викладачі кафедри «Соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін»). Курсантів ІВМС НУ «ОМА» чекають лекції, аргументовані дискусії, практичні заняття в лабораторії кафедри «Соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін», розробка та захист проектних робіт, а також живопис, спорт, інші види дозвілля за вибором в спеціально обладнаних приміщеннях. Отже, третину навчального часу курсанти ІВМС НУ «ОМА» займаються реальними, цілком конкретними проектами за обраними спеціальностями. Це дає можливість відчувати, що таке командна робота, цінність знань і компетенцій та підтвердити ефективність використання інноваційно-індивідуалізованої методики в класичному навчальному процесі вищого військово-морського навчального закладу.

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. Акімова М. А. Индивидуальность учащегося и индивидуальный подход / М. А. Акімова, В.Т. Козлова. – М. : Знание, 1992. – 80 с
3. Алибекова Г. З. Индивидуализированные программы обучения в высшей школе / Г. З. Алибекова, А. В. Рудковская // Педагогіка. – 1995. – № 3. – С. 56–60.
4. Богопольський А. О. Індивідуалізувати навчальний процес / А. О. Богопольський // Рад. шк. – 1991. – № 7. – С. 75-77
5. Вербицкая Н. Н. Индивидуальная работа с учащимися / Н. Н. Вербицкая – Минск : Нар. асвета, 1983. – 124 с
6. Володько В. М. Індивідуалізація та диференціація навчання і виховання / В. М. Володько // Гуманітарні науки. – 2001. – № 1. – С. 54–65

7. Годованюк Т. Л. Деякі термінологічні тлумачення індивідуальної форми навчання через її «похідні» / Т.Л. Годованюк // Педагогіка і психологія. Вісник АПН України. – 2008. – № 4. – С. 127–131

8. Литвинова С. Г. Методика використання технологій віртуального класу вчителем в організації індивідуального навчання учнів / Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України; К.2011 -190 с.

Матеріали науково-технічної конференції
" Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт",
24.03.2022 – 25.03.2022..

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