Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Одеська морська академія»

Одеське відділення інституту морської техніки, науки і технології
(Великобританія)

МАТЕРІАЛИ

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

18.03.2020 – 19.03.2020

Одеса – 2020

Матеріали науково-технічної конференції «Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт», 18.03.2020 – 19.03.2020.– Одеса: НУ "ОМА", 2020. – 313 с.

Матеріали публікуються згідно з поданими авторами оригіналами.

© Національний університет "Одеська морська академія", 2020

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, декан судномеханічного факультету НУ «ОМА»;

Кар'янський С. А.– к.т.н., доцент, декан факультету автоматики НУ «ОМА», 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 кафедри суднових енергетичних установок НУ «ОМА»;

Волков О. М. –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»;

Кардаш В. П. – к.т.н., доцент, заступник декана судномеханічного факультету 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»;

Козьміних 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»;

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

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

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ 9
Колегаєв М.О. Основні напрямки вдосконалення безпеки сучасного мореплавства 9
ЕКСПЛУАТАЦІЯ І РЕМОНТ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ МОРСЬКОГО ТА РІЧНОГО ФЛОТУ 13
Небеснов В. В., Онищенко О. А. Моніторинг стану корпусу судна у експлуатації 13
Корбан В.Х., Корбан Д.В., Ревенко В. Ю. До проблеми зменшення перешкод від атмосферних опадів при радіолокаційному спостереженні об'єктів судновою РЛС 15
Довиденко Ю.М., Романов Г.Л. Основні напрямки економії мастильних матеріалів в суднових СЕУ 21
Солодовніков В. Г. Забезпечення технічного стану суднових дизелів шляхом кавітаційної обробки палива 23
Калугін В. М. Забезпечення моніторінга технічного стану газотурбокомпресорів суднових дизелів по рівню вібрації 28
Демідова Н.П. Виробництво та зберігання водню 32
Дудко С.А., Глазєва О. В., Рак О. М. Підвищення енергоефективності морських суден шляхом застосування поновлювальних джерел електроенергії 38
Шумілова К.В. Головні аспекти забезпечення ефективності системи управління безпекою судна та компанії 43
Козьміних М.А., Чепіль О.О. Аналіз можливостей використання етану в якості палива суднових двигунів 48
Ольшамовський В.С., Стоянов Д.О. Перспективи використання ЕС − вентиляторів в суднових системах вентиляції і кондиціонування повітря 52
Бузовський В.А., Орудін М.О. Хімічна обробка суднових палив 57
Дрозд О.В. Особливості технічного обслуговування суднових стрічкових конвеєрів 62
Лалетін Є.Л. Аналіз навантажувальних характеристик суднових кермових машин 65
Стукаленко О. М., Макаренко Л. М. Дослідження використання фрикціону з постійним опором у здвоєному поліспасті 68
Козицький С. В., Кіріян С. В. Особливості поведінки наночастинок при взаємодії з парами тертя 72
Опришко М.О. Застосування нанотехнологій в суднобудуванні 76
Григор'єва О.С. Застосування наноматеріалів у захисних покриттів від корозії і обрастання суднових конструкцій 80

Журавльов Ю.І., Костюченко Є.Ф. Підвищення ефективності технічного обслуговування і ремонту сполучень вал-підшипник ковзання на основі моделювання їх пошкоджень 84
Мельник О.А. Вид і елементи режиму термічної обробки суднових колінвалів.....91
ДВИГУНИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ.....95
Сагін С.В. Зниження механічних втрат у суднових середньообертових дизелях.....95
Заблоцький Ю.В. Підвищення економічності роботи суднових дизелів ..99
Мацкевич Д. В. Забезпечення реологічної стійкості суднових моторних мастил 103
Куропятник А.А. Обеспечение экологических показателей работы энергетических установок морских судов.....108
Ткаченко І. В. Розробка технології розділення і очищення вод, що містять нафту.....112
Марьянов Д.Н. Оптимизация работы MUD systems морских специализированных судов 117
Polovinka E.M., Tabulinskiy I.N., Muradyan P.S. Research of starting modes of the rt-flex engine.....120
Polovinka E.M., Tabulinsky I.N. Influence of operating conditions on characteristics of fuel feeding by the common rail system rt-flex engines 127
Polovinka E.M., Yakovenko A.YU. Development of operational control systems for marine diesel engines working processes based on combined measuring transducers 136
Половинка Є.М. Слободянюк М.В. Статистичні моделі характеристики паливоподачі суднового середньобертового дизеля 143
Кривий М. О. Модель неньтонівського мастильного шару в парах ковзання в суднових енергетичних установках.....148
Руснак Д. Ю., Сагін С. В. Забезпечення екологічних вимог при ультразвуковій десульфурізації вуглеводних палив 152
Величко С.С., Веретенник О.М. Підвищення ефективності імпульсної системи наддуву суднових дизелів. 156
Девчіоглу М.С., Веретенник О.М. Поліпшення експлуатаційнихпараметрів судових дизелів 158
Кардашев Д. Л. , Аболєшкін С. Є. Параметричний резонанс при крутильних коливаннях суднового валопроводу 161
Волков В.С., Веретенник О.М. Поліпшення екологічних характеристик дизеля з використанням альтернативних видів палива...164
Кіріс О. В., Гарагуля Б. А. Аеродинамічне та вібраційне вдосконалення робочих лопаток парових турбін 167
Афтанюк В.В., Гаврілкін О.Є., Афтанюк А.В., Стороженко Д.В. Компьютерне моделювання біологічного забруднення корпуса судна ..168

Тимків О.В., Денісов В.Г., Гнатюк Б.І. Сучасні засоби діагностування суднових систем 173
Кардаш В.П., Шліхта О.М. Підвищення економічних та екологічних характеристик суднового двигуна шляхом зміни складу надувного повітря 177
Дулдієр О.П. Аналіз емісійних характеристик топкових пристроїв суднових котлів з урахуванням явища переміжності турбулентного потоку. 183
Дулдієр О.П., Боріщук О.О. Характеристики процесу горіння в топковому пристрої 185
Латиш О.М. Синтез наноматеріалів та їх властивості 188
Савельева О.С., Малахова Д.О. Програмний комплекс для застосування інформаційних технологій на танкері 191
Малахов О.В., Гуділко Р.Г. Вплив ступеня обводнення палива на основні показники роботи суден водного транспорту 199

ІНЖЕНЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТА ПРОФЕСІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА МОРІ 202
Колегаєв М.О., Бражнік І.Д., Парменова Д.Г. Технологія використання процеса примусового тепло-масообміну при інертизації танкера 202
Голікова В.В. Особиста безпека та профілактика вірусних інфекцій у плавскладу морського флоту 207
Розлуцький О.М. Мамкічев М.А. Підвищення рівня дисципліни це рух у бік безпечної експлуатації суден 210
Крайнова В.І. Особливості впровадження нових вимог до додатка 6 конвенції МАРПОЛ 73/78 214
Удолатій В.Б. Основні напрями обмеження викидів сірки судновими енергетичними установками 221
Даниленко Д.В. Вплив людського фактору на причини аварій в море….225

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ ТА ІНШОМОВНА ПІДГОТОВКА СУДНОВИХ ІНЖЕНЕРІВ 230
Корх М.В., Кулаков М.О. Інноваційний метод викладання дисциплін у морському навчальному закладі 230
Батынский А.И. IT технологии и автоматизация морской индустрии... 233
Удолатій В.Б. Використання PDE Toolbox MATLAB для обчислювання геометричних характеристик конструктивних елементів 234
Nikulina O.L.Importance of intercultural awareness 237
Bogomolov O.S. Lexical and grammatical features of the IMO Standard Marine Communication Phrases (SMCP) 239

Shalyov A. S., Ph. D. Listen english daily practice' mobile phone application as means of self-study in improving your listening skills 244
Molodtsova V. Use of mnemonics in learning English.....246
Домбровська С.А. The ways to create a successful interaction with students 250
Козак С. В. The method of language teaching divised by Galeb Gattegno – the silent way 252
Бугаенко Т.І. Engine department Correspondence 256
Nikolayeva T. S. A Problem of Motivation of Maritime Students in the Process of English Study.....260
Tsynova M., Kravets H. To the question of modal verb constructions in maritime english sublanguages.....263
Koblik V.V. Use of Authentic Materials in Maritime English Classroom.....265
Бияз С.Р , Никулина Е.Л. Maersk Alabama 270
Stas I. I., Kravets G. 10 Largest Ship Graveyards in the World 271
Kovalchuk K.V., Shnurenko V.V., Kozak S. V. Marine piracy in the waters of east Africa and crew's actions in the event of pirates attack 274
Timofeev N., Koblik V.V. Future Technologies Of Maritime.....276
Khymchak M., Horbunov D., Tsybukh A., Nikulina O. Means of wireless data interchange automation with using of PLCs.....280
Шевченко Д., Домбровська С.А. A Composite Boiler.....285
Гугуєв А., Домбровська С.А. A Distilling Plant 286
Matiash A., Kozak S. V. Refrigeration plant 287
Черних І., Домбровська С.А. Fire safety.....289
Стащенко В., Нестеров Д., Домбровська С.А. Introduction to MAN B&W Electronic Engines 291
Savka O., Nikulina E. Corrosion Prevention in Steam Boiler systems 292
Isarev I. I., Shalyov A. S. Fires on the ship 293
Voynorovich M. R., Shalyov A. S. High voltage systems.....295
Konoval O., Kravets H. Marine diesel engine from MC to ME 298
Sobolevskyi N., Boshtan I., Bogomolov O. Marine Boiler Operating Principle.....299
Smyrnov M., Kozak S. V. Marine hydraulics.....301
Olefir M., Nikulina E. Turbocharger . Construction ,operation and common problems. 303
Мазур А.В., Дудник Н.В., Циновая М.В. Sorokin R., Nikulina E.L. 307
MAN B&W ME – GI installation in Very or Ultra Large Container Vessels 307
*Astakhov A. V., Shalyov A. S.*Crew structure on board merchant vessels – engine department 310

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ

УДК 378.6.147:656.61

Колегаєв М.О.
Національний університет «Одеська морська академія»

Основні напрямки вдосконалення безпеки сучасного мореплавства

Науково-технічний прогрес разом з добробутом, на жаль, приніс людству безліч проблем. Щорічно у світі відбувається більше 120 млн. нещасних випадків на виробництві, з яких понад 200 тис. — зі смертельним наслідком. Згідно з даними міжнародної статистики з 500 млн. інвалідів кожен п'ятий став ним в результаті нещасного випадку. Суми збитків становлять до 10% валового національного продукту окремих країн. Те, що так званий «людський фактор» виступає основною причиною різного роду нещасних випадків, аварій і катастроф, підтверджується статистикою по всіх галузях виробництва, і морського транспорту в тому числі.

Знаючи число загиблих судів, можна орієнтовно визначити кількість аварій у світовому торговельному флоті за законом Хейндриха. У США на основі вивчення та аналізу 9500 промислових аварій виведений закон про ймовірності та прогнозуванні аварій, який виражається співвідношенням: 10 -19 - 300. Тобто на 10 великих аварій припадає 19 середніх, і 300 дрібних. Ймовірність аварій з великим збитком становить 0,3%, з середнім — 8,8%, незначні збитки — 90,9%. Таким чином, якщо зараз щорічно в морі гине близько 100 суден, то число середніх аварій повинно бути приблизно 190, а дрібних — 3000.

За різними даними 60-70% всіх аварій суден відбувається з вини людини, а 80% аварійних ситуацій є наслідком необґрунтованих дій суднового персоналу. Щорічно гине один з 2 тис. моряків і не тільки внаслідок прямих втрат, але і з-за поганої організації рятувальних операцій. На високому рівні залишається і виробничий травматизм серед моряків. У всьому світі вважається, що зв'язок мореплавання з ризиком доказів не потребує. Тому в зарубіжних статистичних таблицях Ллойда замість прийнятого у нас терміна «судну в експлуатації» вказують однозначно — «ships at risk» (судну піддаються ризику).

Зниження ризику для життя людей, може бути досягнуто тільки на основі системного підходу до вирішення складного завдання — забезпечення безпеки життєдіяльності, рятування та виживання людини при надзвичайних ситуаціях на морі. У зв'язку з цим, на національному рівні було прийнято рішення сконцентрувати всі теоретичні розділи, пов'язані із забезпеченням безпеки і виживання людини на морі в рамках інтегральної дисципліни «Безпека життєдіяльності».

Щорічно світовий транспортний флот з різних причин втрачає більше сотні судів, в процесі операцій на морі відбуваються тисячі серйозних і дрібних інцидентів, гинуть і отримують травми велике число людей, що зв'язали своє життя з мореплавством. Однак з того факту, що мореплаванню ризики аварії і загибелі суден і людей, не випливає висновок, що від нього слід відмовитися,

навпаки, необхідно вчитися на уроках аварій, морально, фізично і психологічно готувати себе до професії моряка. Слід завжди пам'ятати, що тільки наполеглива праця, глибокі знання, професіоналізм і хороша морська практика допоможуть екіпажам забезпечити особисту безпеку, так і безпеку пасажирів, перевезеного вантажу і самого судна.

Безпека життєдіяльності на море визначається як комплекс факторів найтіснішим чином пов'язаних з виживанням людини в умовах підвищеного ризику.

Сьогодні в суднoплавній індустрії широко використовується термін «безпека» стосовно до окремих виробничих операцій, плавучих і берегових об'єктів, персоналу і в цілому до мореплавання. Це слово і його англійський еквівалент «safety» часто зустрічаються в різних публікаціях, настановах, інструкціях і нормативних документах, що стосуються мореплавання. Однак, мабуть, мало хто замислюється над тим, що заклики і вказівки, як-то: «Забезпечити безпеку судноплавства»; «Підвищити безпеку мореплавання» не цілком переконливі і не відображають вкладеного в них змісту. Сьогодні неможливо говорити про безпечну експлуатацію суден у відриві від людини, на якого покладено функції управління судном, тобто його безпекою. Основним носієм «людського фактору» в судноплавстві є екіпаж, тому на перший план наукових досліджень в області безпеки на морі виходять проблеми «ризику». Мова повинна йти, швидше, про «керований ризик» зниження аварійності суден, так як повністю ліквідувати небезпеку, що існують для людей та вантажу при транспортних операціях на морі, просто неможливо. Тобто зробити мореплавання абсолютно безпечним («забезпечити безпеку») не можна, так як ця специфічна діяльність людей невіддільна від небезпек. У словнику російської мови «безпека» визначається як «стан, при якому не загрожує небезпека кому або чому-небудь». В Оксфордському словнику це — «свобода від небезпеки». У словнику Ст. Даля це слово означає «відсутність небезпеки, збереження, надійність».

З технічним вдосконаленням засобів виробництва, впровадженням у промисловість економічно розвинених країн інноваційних технологій, удосконалювалися конструкції і обладнання суден, зростали їхні розміри і кількість на морських шляхах, поліпшувалися знання і підготовка моряків, ускладнювалась техніка і технологія транспортних операцій. В результаті до природних (зовнішніх) небезпек, характерним для раннього етапу розвитку морського судноплавства, додалися нові, внутрішні, — техногенного характеру, створені самою людиною і пов'язані з використанням на судах складних пристроїв і систем, потужних джерел енергії, перевезенням вибухонебезпечних та пожежонебезпечних речовин. Існує вплив так званого «людського фактору» — професійних і психофізичних недоліків і помилок людей, можливості і здатності людини — оператора з прийому, обробки інформації та прийняття рішень в різних умовах професійної діяльності, а для працюючих на борту суден, так і керівників їх експлуатацією з берега. Їхня реалізація в практиці судноплавства, у вигляді пожеж, вибухів, зіткнень, переломів, втрати остійності і перекидання судів різко збільшила кількість аварій у світовому флоті.

Сьогодні Міжнародна морська організація (IMO), Міжнародна асоціація морської медицини (MAM), Міжнародна організація транспортних робітників (ITF) і Міжнародна федерація асоціацій морських капітанів (IFSMA), приділяють максимальну увагу питанням безпеки мореплавства. Вони спрямовані на збереження людського життя на морі, впровадження високих стандартів навчання та несення вахти, а також впливу психофізичних якостей і середовища проживання на членів екіпажів у процесі виробничої діяльності, в умовах судна. Зростаюча інтенсивність судноплавства зажадала внесення нових, більш жорстких норм у Міжнародну Конвенцію Про підготовку і дипломування моряків і несення вахти» (STCW-78/95), що дозволило дещо знизити відсоток аварійності світового флоту (до 10%).

Поступово виробляється концепція стосовно виконання вимог, покликаних сприяти підвищенню безпеки експлуатації суден в сучасних умовах. До них, зокрема, відноситься введення в силу, у відповідності з резолюцією IMO A. 741 (18) з 1 липня 1998 року Міжнародного кодексу управління безпечною експлуатацією суден і попередженням забруднення (МКУБ). Таким чином, якщо раніше в судноплавній індустрії багато уваги приділялося «забезпечення безпеки мореплавства» (що практично зробити неможливо, бо не може бути абсолютної безпеки!), з введенням МКУБ мова вже йде про управління безпекою кожного судна, незалежно від його національної приналежності і форми власності. Тобто, про переведення всієї діяльності, пов'язаної з вирішенням проблеми безпеки в судноплавстві, на більш високий якісний рівень. Відповідно, великого значення набувають пошук і розробка нових концепцій і методів запобігання аварій суден в процесі їх експлуатації.

Управління ризиком — це процес прийняття рішень і здійснення заходів, спрямованих на забезпечення мінімально можливого ризику. Мета управління ризиком — своєчасне передбачення (прогнозування) ризику, виявлення факторів, що впливають на ситуацію, застосування відповідних заходів по мінімізації їх впливу.

Специфіка роботи на морських суднах пов'язана з скороченням чисельності екіпажу, автономністю і тривалим відрив від берегових баз, а також різноманітністю технічних засобів і високою насиченістю ними сучасних судів. ыі умови вимагають вироблення спеціальних навичок та особливих особистих якостей.

Як правило, підвищення рівня безпеки здійснюють у трьох таких напрямках:

а) удосконалення технічних систем та об'єктів;

б) підготовка персоналу;

в) попередження виникнення надзвичайних ситуацій.

Дня їх визначення необхідний спеціальний аналіз конкретних даних і умов. В основі управління ризиком лежить методика порівняння витрат та отриманих вигід від зниження ризику.

Дня розрахунку ризику необхідні обґрунтовані дані. Гостра потреба в статистичних даних в даний час визнана у всьому світі. Необхідна ретельно аргу-

ментована розробка і створення банків даних, в умовах підприємства, галузі, регіону і т. д.

Безпечно керувати життєдіяльністю — це значить свідомо переводити об'єкт з одного стану (небезпечне) в інший (менш небезпечний) при об'єктивному дотриманні умов соціальної, економічної і технічної доцільності.

Безпеку судна, як транспортного засобу формується на підставі комплексу факторів. Організація підготовки до експлуатації і в період експлуатації, повинна враховувати показники безпеки з точки зору декларування оцінки безпеки. Метою є аналіз поточного стану безпеки, а також прогнозування та підготовка необхідних заходів, спрямованих на мінімізацію ризиків.

В останнє десятиліття збільшилася кількість аварій і катастроф морських суден, що супроводжувалися численними людськими жертвами. Причин цього багато: недобросовісні оператори, які не приділяють уваги технічному стану суден; зниження контролю та вимог до судновласникам з боку урядів країн прапора; прагнення багатьох (особливо дрібних) судновласників отримати максимальний прибуток за рахунок зниження витрат на постачання та обслуговування суден і т. д.

Ця обставина привернула увагу морського співтовариства і спонукало прийняти низку заходів для поліпшення становища. Як показує аналіз, безпосередніми причинами більшості аварій і інцидентів на морі є помилки людей, керуючих флотом з берега (управлінський персонал судноплавних компаній), які знаходяться на борту суден, тобто так званий людський фактор.

З метою підвищення безпеки судноплавства Міжнародна морська організація, Міжнародна організація праці та ряд інших на своїх сесіях прийняли цілий ряд найважливіших міжнародних конвенцій, резолюцій, кодексів і рекомендацій, спрямованих на забезпечення безпеки мореплавства і охорони навколишнього середовища.

Особливість підготовки інженерів морського транспорту пов'язані безпосередньо з особливостями виробничого середовища, в якому здійснюється виробничі завдання.

Морське середовище є не тільки історично транспортним шляхом, а й невід'ємною значущою частиною біосфери та поводження з нею знаходиться під контролем світової громадськості. Не можна переоцінити важливість оптимізації питань вирішення господарських завдань не на шкоду питань екологічної безпеки. Перед виробничниками стоїть конкретне завдання, виконання якого вимагає високого професійного рівня. При цьому витрати будуть визначатися співвідношенням вагових коефіцієнтів по прийняттю рішень в різних умовах професійної діяльності, а для працюючих на борту суден, так і керівників їх експлуатацією з берега. Їхня реалізація в практиці судноплавства, у вигляді пожеж, вибухів, зіткнень, переломів, втрати остійності і перекидання судів різко збільшила кількість аварій у світовому флоті. Регламентація впливів на природне середовище значно ускладнює роботу і для учасників процесу важливо мати відповідальний, розумний, свідомий підхід до питань безпеки в умовах мореплавання. Це стосується питань особистої, колективної безпеки й екологічної безпеки в робочому і аварійному режимі.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ І РЕМОНТ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ МОРСЬКОГО ТА РІЧНОГО ФЛОТУ

УДК 629.5.03

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

Моніторинг стану корпусу судна у експлуатації

Вирішувати різноманітні задачі експлуатації суден флоту недостатньо тільки вивченням і узагальненням даних о роботі окремих складових суден: енергетичної установки і її елементів, корпусу, гребного гвинта, тощо. Для найбільш повного уявлення про стан суден необхідно досліджувати і роботу пропульсивного комплексу (ПК) судна, під яким розуміється корпус судна, головний двигун і гребний гвинт, які працюють у взаємодії. Кожній з трьох елементів комплексу має свої власні характеристики, які суттєво змінюються у експлуатації внаслідок впливу зовнішніх факторів [1]. Наприклад, слід вважати, що однією з важливих характеристик корпусу судна, як головного елементу ПК, розуміється змінювання його опору у середовищі руху судна, або змінювання буксирувальної потужності від швідкості ходу судна. Ця характеристика нестабільна і змінюються у залежності від багатьох зовнішніх експлуатаційних факторів, до одного з яких відноситься стан підводної поверхні корпусу. Зміна шорсткості зовнішньої обшивки підводної поверхні корпусу судна та лопатей гребного гвинта є домінуючим фактором, найбільш сильно дієвим на характеристики елементів комплексу та їх взаємодію.

Відомо, що за перші 15 років експлуатації судна шорсткість його корпусу зростає, приблизно, з 100-150 мкм до 500-800 мкм [3], тобто, інколи до 8 крат. Унаслідок погіршення слою лакофарбового покриття та пористості фарби, морська вода вступає у взаємодію зі сталлю обшивки корпусу. При цьому нанесений шар захисної фарби та інгібітори, що містяться у ній, будуть являтися катодом відносно до незахищеного металу (аноду). За своїми хімічним складом морська вода є середовищем з високими корозійно-активними властивостями. Це є головною причиною інтенсивних корозійних процесів корпусу судна, його конструкцій, систем, пристроїв і механізмів. Вміст електроліту, наявність катоду та аноду призводять до електрохімічного процесу, який обумовлює руйнування зовнішньої обшивки корпусу, тобто до корозії. Внаслідок цього підвищується опір води руху судна та момент опору гребного гвинта, у корпусі з'являється їржа та корпус активно руйнується. Тому, для підтримання заданої швидкості доводиться підвищувати потужність головного двигуна та циклову подачу палива, що збільшує теплову напруженість деталей циліндропоршньової групи і витрату палива, а також негативно впливає на екологію (рис 1) [1, 2].

У світовій практиці суднобудування та експлуатації флоту використовуються занадто малочисленні пристрої для виміру шорсткості поверхні обшивки корпусу (в основному профілометри та профілографи), однак відсутні як

надійна методика проведення вимірів шорсткості так і єдина методика обробки результатів цих вимірів.

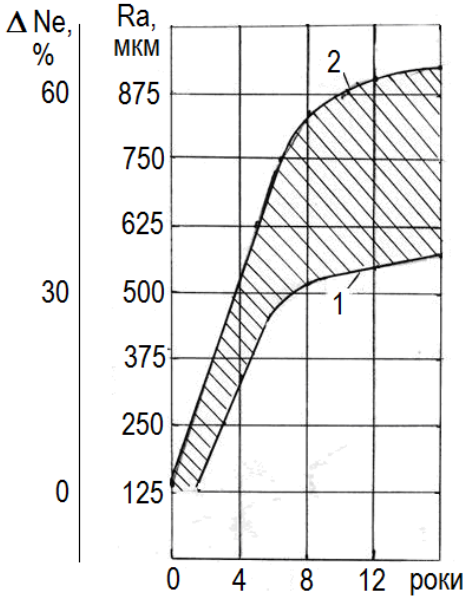


Рис.1. Збільшення потужності ΔNe та шорсткості Ra корпусу у залежності від терміну експлуатації судна: 1 і 2- верхня і нижня межі шорсткості [2]

Слід вважати, що корозія сталевих корпусів суден є основною причиною зниження міцності корпусних конструкцій, а тому і безпеки судноплавання. Для ефективного захисту корпусу судна від корозії, для запобігання корозії, необхідна реалізація моніторингу стану корпусу та відповідних комплексних дій. Такі дії повинні бути заснованими на раціональному використанні ефективних методів моніторингу стану корпусу, які враховують конструктивні особливості корпусу та умови технічної експлуатації суден.

Ефективним способом протикорозійного захисту корпусу є електрохімічний захист. Його реалізація заснована на зниженні швидкості корозії металу шляхом зміщення електричного потенціалу до деякого значення, що відповідає мінімальній швидкості розчинення металу. Таким чином, завданням електрохімічного захисту є зниження корозії на ділянках з пошкодженнями лакофарбових покриттів, на яких, при відсутності електрохімічного захисту, активно розвиваються виразкові і точкові корозійні процеси, що сприяє збільшенню шорсткості обшивки і високих швидкостей місцевої корозії.

У зв'язку з цим, важливим етапом організації захисту корпусу суден від корозії є забезпечення моніторингу його стану і працездатності систем його захисту.

Наприклад, у процесі експлуатації протекторного захисту корпусу необхідно один раз у місяць вимірювати потенціал корпусу у реперних точках по всій довжині корпусу. Це робиться спеціальним електродом порівняння і переносним мілівольтметром. Проведені дослідження показали, що така періодичність контролю для забезпечення комплексного захисту корпусу судна від корозії явно недостатня, а пропонований у нормативних джерелах метод вимірювання з використанням хлорсеребряного електроду порівняння є трудомістким і недосконалим.

Автори пропонують використання систем мобільного моніторингу стану корпусу судна за допомогою автономних плавальних вимірювальних пристроїв, які автоматично позиціонуються відносно корпусу судна і передають вимірювану інформацію за допомогою радіоканалу або мобільного Інтернету чи суднової системи Wi-Fi. Вимірювальна інформація накопичується у комп'ютеризованій системі збирання і обробки інформації, статистично оброблюється. Саме це дозволяє ефективно оцінювати стан корпусу судна і приймати відповідні рішення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кацман Ф.М. Эксплуатация пропульсивного комплекса морского судна.- Транспорт, 1987.

2. Фунтусов А.А. Оценка увеличения расходов топлива вследствии старения морского судна. - Владивосток: ФБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского», 2017..

3. Munk, T., Kane, D., Yebra, D. (2009). The effects of corrosion and fouling on the performance of ocean-going vessels: a naval architectural perspective. In C. Hellio and D. Yebra (Eds.), Advances in marine antifouling coatings and technologies. Woodhead Publishing Ltd.

УДК 551.501.81: 621.396.96

Корбан В.Х., Корбан Д.В., Ревенко В. Ю.
Національний університет «Одеська морська академія »

До проблеми зменшення перешкод від атмосферних опадів при радіолокаційному спостереженні об'єктів судновою РЛС

Постановка проблеми в загальному вигляді. Суднові РЛС при радіолокаційному спостереженні навігаційних об'єктів використовують робочі електромагнітні хвилі двох діапазонів: діапазон *X* і діапазон *S*. Діапазон *X* використовується в основному при ясній погоді, а діапазон *S* при наявності сильного туману і інтенсивного дощу.

Якщо зона інтенсивного дощу (від 25 мм/год і більше) займає всю область до навігаційного об'єкта (об'єкт знаходиться в зоні дощу), то радіолокаційне спостереження навігаційних об'єктів судновою РЛС буде утруднено через появу луна-сигналів дощу на її індикаторі.

До теперішнього часу відсутня єдина точка зору щодо оптимальної робочої довжини хвилі, при якій вплив перешкод від дощу був би найменшим, виходячи з відомого рівняння:

$$N = \frac{\sigma}{R^2 Q_г Q_в \tau \eta}, \qquad (1)$$

де N - відношення потужності луна-сигналу навігаційного об'єкта, що спостерігається, до середньої потужності луна-сигналу дощу;

σ - ефективна площа розсіювання навігаційного об'єкта, м^2;

R - відстань до навігаційного об'єкта, км;

$\theta_г$ - ширина діаграми спрямованості антени суднової РЛС в горизонтальній площині, град.;

$\theta_в$ - ширина діаграми спрямованості антени суднової РЛС у вертикальній площині, град .;

τ - тривалість випромінюваного імпульсу, с;

η - ефективна площа розсіювання атмосферного утворення, м^2.

Тривалість луна-сигналу дощу значно перевищує тривалість випромінюваного імпульсу і визначається радіальною протяжністю зони дощу. По мірі поширення випроміненого імпульсу в зоні дощу, луна-сигнали утворюються від нових областей дощу. Відповідно до цього на індикаторі суднової РЛС луна-сигнали дощу маскують луна-сигнали навігаційного об'єкта, що знижує, а при великій інтенсивності дощу і повністю зменшує, радіовидимість навігаційних об'єктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Методи боротьби з атмосферними перешкодами при радіолокаційному спостереженні навігаційних об'єктів розглянуті різними авторами [1-5], де проведено їх поділ на три основні групи: прямі методи, при яких параметри суднової РЛС вибираються з умови поліпшення співвідношення між корисним і заважаючим ефектом; спеціальні методи регулювання в приймальному каналі, що дозволяють підвищити його динамічний діапазон і зменшити ймовірність перевантажень; методи селекції, засновані на використанні додаткової апріорної інформації про навігаційні об'єкти та джерела перешкод в процесі первинної обробки луна-сигналу.

Реалізація першої групи методів боротьби з атмосферними перешкодами представляє дуже складне технічне завдання важко здійсненне на практиці.

Друга група методів заснована на усуненні перевантажень в приймальному тракті суднової РЛС шляхом автоматичного регулювання посилення приймача і застосування логарифмічних підсилювачів. Реалізація другої групи методів боротьби з атмосферними перешкодами може розглядатися як допоміжний засіб, що вирішує приватні завдання підвищення перешкодозахищеності суднової РЛС.

Найбільш ефективними для боротьби з атмосферними перешкодами на практиці виявляються методи селекції, в основу яких покладені відмінності доплеровських зрушень корисного сигналу і сигналу, що заважає, а також залежність поляризації луна-сигналів від геометричних параметрів навігаційного об'єкта [6-9].

Постановка завдання. Поляризаційна селекція луна-сигналів навігаційного об'єкта при наявності луна-сигналів атмосферного утворення є найбільш ефективною в суднових РЛС, яка до теперішнього часу недостатньо досліджена. Відповідно до цього метою даної роботи є обґрунтування методу використання поляризаційної селекції для боротьби з атмосферними перешкодами при радіолокаційному спостереженні навігаційних об'єктів судновою РЛС на шляху судна.

Виклад матеріалу дослідження. Будемо виходити з переходу від двох довжин хвиль, які в даний час використовуються в суднової РЛС (3 см і 10 см),

до однієї довжині хвилі 5 см, яка дозволяє отримати луна-сигнал навігаційного об'єкта при наявності атмосферних перешкод, що перевищує рівень власних шумів приймального пристрою за рахунок незначного ослаблення атмосферними перешкодами. Із застосуванням поляризаційних параметрів електромагнітної хвилі з'являється можливість здійснювати поляризаційну селекцію луна-сигналів навігаційного об'єкта на тлі луна-сигналів атмосферних перешкод, тобто здійснювати радіовидимість навігаційного об'єкта судновою РЛС.

Відбита від радіолокаційного обсягу (навігаційний об'єкт в зоні атмосферного утворення) електромагнітна хвиля є частково поляризованою, ортогонально поляризовані компоненти, якої на вході приймальної антени суднової РЛС не є повністю монохроматичними і не відповідають умовам неполяризованої хвилі. Параметри поляризаційної структури плоскої квазімонохроматичної частково поляризованої хвилі є випадковими функціями часу і простору. Тоді міру когерентності частково поляризованої хвилі у вигляді ступеня поляризації на основі теореми Стокса [10,11] можна отримати шляхом її поділу на повністю поляризований і неполяризований потоки. У неполяризованого електромагнітного поля плоскої хвилі повністю відсутній переважний напрямок її електричного вектору. У повністю поляризованого поля амплітуда електричного вектору не залежить від часу, що свідчить про повну когерентність його декартових проекцій. Однак, в загальному випадку для частково поляризованої хвилі її електричне поле є як частково поляризованим, так і частково когерентним в просторі.

Важливу роль при прийомі луна-сигналу частково поляризованої хвилі грає ступінь поляризації сумарного потоку, а також формування потоку випромінювання із заданими поляризаційними властивостями. Нехай навігаційний об'єкт, що спостерігається судновою РЛС, знаходиться в зоні випадаючих опадів. Луна-сигнали від навігаційного об'єкта і опадів, що випадають, формують два некорельованих частково поляризованих потоки. При цьому вектори сумованих і сумарного енергетичних потоків запишуться у вигляді матриць:

$$E^{(1)}(t)=\begin{vmatrix}E_1^{(1)}(t)\\E_2^{(1)}(t)\end{vmatrix}, \tag{2}$$

$$E^{(2)}(t)=\begin{vmatrix}E_1^{(2)}(t)\\E_2^{(2)}(t)\end{vmatrix}, \tag{3}$$

$$E(t)=E^{(1)}(t)+E^{(2)}(t)=\begin{vmatrix}E_1^{(1)}(t)+E_1^{(2)}(t)\\E_2^{(1)}(t)+E_2^{(2)}(t)\end{vmatrix}, \tag{4}$$

де $E(t)$ - амплітуди ортогонально поляризованих компонент електромагнітної хвилі.

При практичному здійсненні поляризаційної селекції виникає необхідність у формуванні потоку випромінювання із заданою поляризацією. Для вирішення поставленого завдання антена суднової РЛС повинна бути з керованими па-

раметрами електромагнітної хвилі на випромінювання, а складові потоки випромінювання порушуватися в антенної системі генератором випадкового шуму для створення неполяризована хвилі.

Узагальнимо параметричний опис поляризаційних властивостей плоских квазімонохроматичних хвиль за допомогою параметрів Стокса на випадок суми двох корельованих потоків випромінювання антеною суднової РЛС. Так як в реальних умовах радіолокаційного спостереження навігаційного об'єкта в зоні атмосферних опадів поляризація відбитої хвилі змінюється випадковим чином, і хвиля стає частково поляризованою, а її ступінь поляризації можна виразити також через енергетичні параметри Стокса. Електромагнітну хвилю на випромінювання і прийом представимо дійсними параметрами Стокса S_1, S_2, S_3, S_4 у вигляді дійсних матриць:

$$[M_{вип}] = \begin{bmatrix} S_{1вип} \\ S_{2вип} \\ S_{3вип} \\ S_{4вип} \end{bmatrix}, \; [M_{від}] = \begin{bmatrix} S_{1від} \\ S_{2від} \\ S_{3від} \\ S_{4від} \end{bmatrix}, \tag{5}$$

де параметри Стокса на випромінювання і прийом електромагнітної хвилі представлені у вигляді наступних рівнянь:

$$\begin{aligned} S_{1вип} &= E_x^2 + E_y^2; \\ S_{2вип} &= E_x^2 - E_y^2; \\ S_{3вип} &= 2E_xE_y\cos\Phi_{xy}; \\ S_{4вип} &= 2E_xE_y\sin\Phi_{xy}; \end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned} S_{1від} &= \left\langle E_x^2 \right\rangle + \left\langle E_y^2 \right\rangle; \\ S_{2від} &= \left\langle E_x^2 \right\rangle - \left\langle E_y^2 \right\rangle; \\ S_{3від} &= 2\left\langle E_xE_y\cos\Phi_{xy} \right\rangle; \\ S_{4від} &= 2\left\langle E_xE_y\sin\Phi_{xy} \right\rangle. \end{aligned} \tag{7}$$

Перші параметри Стокса S_1 в (6) і (7) представляють собою суми квадратів амплітуд ортогонально поляризованих компонент хвилі, тобто інтенсивності еліптично поляризованої хвилі, випромінюваної і прийнятої антеною суднової РЛС.

Другі параметри Стокса S_2 в (6) і (7) є різницею інтенсивностей ортогональних лінійно поляризованих компонент E_x і E_y електромагнітної хвилі.

Третій і четвертий параметри Стокса S_3 і S_4 в (6) і (7) визначають кореляцію між E_x і E_y. Для луна-сигналу параметри Стокса є усередненими $\langle\ \rangle$ за певний період часу.

Запишемо рівняння взаємозв'язку випромінюваної хвилі з відбиваючими властивостями радіолокаційного об'єму (навігаційний об'єкт в зоні атмосферних опадів) і прийнятої (відбитої) хвилі у вигляді трьох матриць:

$$\begin{bmatrix} S_{1від}(t) \\ S_{2від}(t) \\ S_{3від}(t) \\ S_{4від}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11}(t) & S_{12}(t) & S_{13}(t) & S_{14}(t) \\ S_{21}(t) & S_{22}(t) & S_{23}(t) & S_{24}(t) \\ S_{31}(t) & S_{32}(t) & S_{33}(t) & S_{34}(t) \\ S_{41}(t) & S_{42}(t) & S_{43}(t) & S_{44}(t) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} S_{1вип}(t) \\ S_{2вип}(t) \\ S_{3вип}(t) \\ S_{4вип}(t) \end{bmatrix} \quad (8)$$

або

$$[S_{від}(t)] = [M_p(t)] \cdot [S_{вип}(t)]. \quad (9)$$

Матриця відбиваючих властивостей радіолокаційного об'єму є матрицею Мюллера $M_p(t)$, що складається з 16 дійсних коефіцієнтів:

$$[M_p(t)] = \begin{bmatrix} S_{11}(t) & S_{12}(t) & S_{13}(t) & S_{14}(t) \\ S_{21}(t) & S_{22}(t) & S_{23}(t) & S_{24}(t) \\ S_{31}(t) & S_{32}(t) & S_{33}(t) & S_{34}(t) \\ S_{41}(t) & S_{42}(t) & S_{43}(t) & S_{44}(t) \end{bmatrix}. \quad (10)$$

При розгляді відбиваючих властивостей радіолокаційного об'єму візьмемо круговий базис, в якому легко формуються лінійно поляризовані ортогональні компоненти хвилі в просторі з сполученими тимчасовими структурами, що дозволяє при запису матриць не вказувати тимчасову залежність їх коефіцієнтів.

Матриця розсіювання Мюллера є повною характеристикою розсіюючих властивостей навігаційного об'єкта і атмосферного утворення, тому що за допомогою її визначається поляризаційна структура спектра розсіяного сигналу при будь-якому спектральному складі поляризованої випромінюваної хвилі і будь-яких фіксованих умовах радіолокаційного спостереження.

Представлення радіолокаційного розсіюючого об'єму матрицею Мюллера є універсальним, оскільки за допомогою цих матриць можна визначити розсіяний сигнал при будь-яких комбінаціях, що впливають на розсіювач сигналів, а самі матриці від цих впливів не залежать.

Запишемо матрицю Мюллера з урахуванням того, що радіолокаційний луна-сигнал атмосферного утворення має власний лінійний базис:

$$[M_p(t)] = \begin{bmatrix} S_{11від}(t)\, S_{12від}(t) \\ S_{21від}(t)\, S_{22від}(t) \\ S_{31від}(t)\, S_{32від}(t) \\ S_{41від}(t)\, S_{42від}(t) \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Для атмосферного об'єкта, що має власний лінійний базис, в матриці розсіювання (11) коефіцієнти $S_{12}(t) = S_{21}(t) = 0$, тобто матриця розсіювання запишеться у вигляді:

$$[M_{p(a.o.)}(t)] = \begin{bmatrix} S_{11від}(t) & 0 \\ 0 & S_{22від}(t) \\ S_{31від}(t)\, S_{32від}(t) \\ S_{41від}(t)\, S_{42від}(t) \end{bmatrix}. \quad (12)$$

При наявності в зоні радіолокаційного спостереження судновою РЛС тільки навігаційного об'єкта, що є об'ємним об'єктом, коефіцієнти матриці розсію-

вання $S_{11}(t) = S_{22}(t) = 0$. Тоді матриця розсіювання (11) для навігаційного об'єкта запишеться у вигляді:

$$\left[M_{р(н.о.)}(t)\right] = \begin{bmatrix} 0 & S_{12від}(t) \\ S_{21від}(t) & 0 \\ S_{31від}(t) & S_{32від}(t) \\ S_{41від}(t) & S_{42від}(t) \end{bmatrix}. \quad (13)$$

При радіолокаційному спостереженні навігаційного об'єкта, що знаходиться в зоні атмосферного утворення, реалізується порогова процедура селекції навігаційного об'єкта від атмосферних утворень. При цьому досить випромінювати сигнал тільки правої кругової поляризації, для якої матриця випромінюваної хвилі має вигляд:

$$\left[S_{вип}\right] = \begin{bmatrix} S_{1вип}(t) \\ 0 \\ 0 \\ S_{4вип}(t) \end{bmatrix}, \quad (14)$$

а матриця розсіювання навігаційного об'єкта, що знаходиться в зоні атмосферного утворення, в круговому базисі запишеться наступним чином:

$$\left[M_{р}(t)\right] = \begin{bmatrix} S_{11}(t) & 0 & 0 & S_{14}(t) \\ S_{21}(t) & 0 & 0 & S_{24}(t) \\ S_{31}(t) & 0 & 0 & S_{34}(t) \\ S_{41}(t) & 0 & 0 & S_{44}(t) \end{bmatrix}. \quad (15)$$

Для виділення луна-сигналу навігаційного об'єкта з сумарного луна-сигналу (луна-сигнал навігаційного об'єкта і луна-сигнал атмосферного утворення) необхідно створити відношення коефіцієнтів матриці (15) $S_{11}(t)/S_{21}(t)$, тобто створити відношення потужності луна-сигналу основного каналу P_x до потужності луна-сигналу перехресного каналу P_y. При формуванні параметрів Стокса, на виході приймача суднової РЛС, селекцію навігаційного об'єкта можна здійснити за допомогою другого параметра Стокса:

$$S_2(t) = E_x^2 - E_y^2 = P_x - P_y. \quad (16)$$

Різницевий луна-сигнал і буде луна-сигналом навігаційного об'єкта, який подається на індикатор суднової РЛС або дисплей суднового комп'ютера для радіолокаційного спостереження навігаційного об'єкта. При цьому компенсується луна-сигнал атмосферного утворення і здійснюється нормування на компенсацію загасання луна-сигналу по трасі.

Висновки і перспективи подальших досліджень.

1 На підставі аналізу літературних джерел обґрунтована можливість поляризаційної селекції навігаційного об'єкта, що знаходиться в зоні атмосферного утворення, судновою РЛС.

2 Обґрунтовано методику використання матриці Мюллера для аналізу фізичних процесів взаємодії електромагнітної хвилі, випромінюваної і прийнятої антеною суднової РЛС при радіолокаційному спостереженні навігаційних об'єктів, які перебувають у складних умовах атмосферного середовища.

3 Подальші дослідження будуть спрямовані на розробку радіолокаційної системи з поляризаційною селекцією луна-сигналів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1 Байрашевский А.М. Ничипоренко Н.Т. Судовые радиолокационные системы. – М.: Транспорт, 1982. – 311с.

2 Канарейкин Д.Б. Морская поляриметрия / Д.Б. Канарейкин, В.А. Потехин, Н.С. Шишкин. - Л.: Судостроение, 1968. – 328с.

3 Абрамов В.В. Электромеханическая модель помехи от гидрометеоров /В.В. Абрамов // Вопросы радиоэлектроники, вып. 15, 1981. – С. 92-97.

4 Бартон Д.К. Модели мешающих отражений от земной поверхности для анализа и проектирования РЛС/ Д.К. Бартон//ТИИЭР. - 1985. - Т.73, №2. - С.27-35.

5 Красюк Н.П. Влияние тропосферы и подстилающей поверхности на работу РЛС / Н.П. Красюк, В.Л. Коблов, В.Н. Красюк. - М.: Радио и связь, 1988. - 213 с.

6 Корбан В.Х. Поляризаційна селекція хмар і опадів / В.Х. Корбан . – Одеса, 2004. – 248 с.

7 Поздняк С.И. Введение в статистическую теорию поляризации радиоволн / С.И. Поздняк, В.А. Мелитицкий. – М.: Изд-во «Советское радио», 1974. – 480 с.

8 Канарейкин Д.Б. Поляризация радиолокационных сигналов / Д.Б. Канарейкин, Н.Ф. Павлов, В.А. Потехин. - М.: Советское радио, 1966. – 440с.

9 Брылев Г.Б. Влияние ослабления радиоволн на размеры площади радиоэха зон осадков/Г.Б.Брылёв, Ю.Г.Плещеев, В.Д.Степаненко, Г.Ф. Шевела.— В кн.: Радиолокационная метеорология. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. - С. 59—63.

10 Теоретические основы радиолокации; [под ред. В.Е. Дулевича]. – М.: «Советское радио», 1978. – 607 с.

11 Справочник по радиолокации. Том 4. Перевод с английского под редакцией М.М.Вейсбейна. М.: «Советское радио», 1978. – 374 с.

УДК 629.5.064:621.892(045)

Довиденко Ю.М., Романов Г.Л.
Національний університет «Одеська морська академія»

Основні напрямки економії мастильних матеріалів в суднових СЕУ

Як відомо, значна частина експлуатаційних витрат на морському флоті припадає на паливно-мастильні матеріали. Загальні тенденції розвитку світової енергетики та значний досвід розвинених країн щодо раціонального використання паливно мастильних матеріалів дають можливість визначити основні напрямки їх раціонального споживання.

Економія мастил здійснюється як при створенні суднової техніки, мастил, присадок, так і при експлуатації. За допомогою реалізації конструктивних за-

ходів економія мастильних матеріалів здійснюється на стадії вдосконалення конструкції двигунів.

Хіммотологічної заходи, спрямовані на економію мастильних матеріалів і правильне вирішення питань раціонального та економного використання моторних мастил безпосередньо пов'язані з характером зміни первинних властивостей мастила при роботі двигуна.

Зміни фізико-хімічних і експлуатаційних показників моторних мастил в дизелях показують, що характер змін принципово однаковий. Це пояснюється багатьма причинами: умовами роботи, властивостями застосовуваного мастила, різної теплової напруженості двигунів, неоднаковою місткістю мастильної системи, кратністю циркуляції і т.д.

В умовах переважного використання високоякісних мастил з високоефективними композиціями присадок велике значення в їх вдосконаленні набуває проблема уніфікації моторних та інших видів мастил [1]. Наявність широкого асортименту мастил створює значні труднощі не тільки при виробництві, транспортуванні та зберіганні, але головним чином при їх застосуванні, особливо в тих випадках, коли на суднах застосовуються ДВС різних типів. Перспективною в цій області є робота по скороченню асортименту і уніфікації мастил [2.

Значної економії мастильних матеріалів можна домогтися, проводячи експлуатаційні заходи. Важливим фактором економії є розробка і впровадження організаційно-технологічних заходів щодо вдосконалення зберігання нафтопродуктів і оптимізація процесів застосування мастил в суднових умовах. При експлуатації суднової техніки з використанням енергозберігаючих технологій багато що залежить від своєчасного і якісного проведення технічного обслуговування. Збільшення терміну роботи мастил в двигуні - це найбільш ефективний варіант скорочення його споживання.

Як перспективний напрям в комплексі заходів, пов'язаних з економією мастильних матеріалів, є утилізаційні заходи. Утилізаційні заходи передбачають збір і повторне використання після відповідної обробки [3]. При цьому повторне використання можливо за прямим призначенням, за непрямим призначенням і не за призначенням.

Процеси регенерації дозволяють економити цінний нафтопродукт і знижують забруднення навколишнього середовища. При проведенні регенерації можливе використання як відомих методів і їх комбінацій, так і розробка і застосування більш сучасних і ефективних технологій.

Аналіз шляхів економії мастильних матеріалів показав, що найбільш ефективними є утилізаційні заходи. Серед утилізаційних заходів - регенерація є одним з кращих способів утилізації, так як регенерація знижує об'єм кінцевих відходів, пов'язує і нейтралізує їх екологічно шкідливі компоненти, разом з тим забезпечує можливість багаторазового використання сировини, що призводить до збільшення місцевих ресурсів отримання мастильних матеріалів.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гулин Е.И. Справочник по горюче-смазочным материалам в судовой технике / Е.И. Гулин, Д.П. Якубо - Л. : Судостроение ,1987- 224 с.
2. Занько О.Н. Технологии использования рабочих веществ в судовых энергетических установках / О.Н. Занько, В.Н. Калугин, И.В. Логишев - Одесса-2015, 500 с.
3. Бойченко С.В. Моторные топлива и масла для современной техники /С.В. Бойченко, С.В. Иванов, В.Г. Бурлака.- К.: НАУ, 2005- 216 с.

УДК 629.436

Солодовніков В. Г.
Національний університет «Одеська морська академія»

Забезпечення технічного стану суднових дизелів шляхом кавітаційної обробки палива

Постановка проблеми в загальному вигляді. Завдання підвищення енергоефективності та економічності суднових енергетичних установках (СЕУ) розв'язується не тільки за рахунок зростання циліндрової потужності і зниження питомої витрати палива, але й за рахунок використання в суднових двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ) палив підвищеної в'язкості. Традиційно подібні палива використовувалися в малообертових дизелях (МОД), що характеризуються підвищеним часом, відведеним на впорскування палива в циліндр, його самозаймання та подальше згоряння. На даний час високов'язкі палива використовуються і в (СОД), що мають більш короткі фази сумішоутворення і згоряння. При цьому (через зсув процесу згоряння на лінію розширення) можливе погіршення технічного стану та експлуатаційних характеристик дизеля. Це підвищує актуальність розв'язання завдань щодо забезпечення якісної підготовки палива для подібного класу дизелів [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Використання важких палив у суднових дизелях викликало ряд проблем, основними з яких є підвищені зноси деталей циліндропоршневої групи і паливної апаратури, нагар на всіх елементах дизеля, що контактують з продуктами згоряння, збільшення кількості відходів під час паливопідготовки. Розв'язання завдання щодо зниження сірчистого зносу деталей двигунів на даний час повністю виконано для МОД, які мають окрему циліндрову систему змащування. При цьому залишається лише знайти оптимальне співвідношення між вмістом сірки в паливі і змістом лужних присадок у мастилі. Суднові СОД мають загальну циркуляційну систему змащування, застосування мастил з підвищеним вмістом лугу в даному випадку недоцільно як з економічних причин (у зв'язку з їхньою високою вартістю), так і з огляду на їх гірші експлуатаційні параметри (зокрема меншої здатності чинити опір нормальним навантаженням) [2] . Тому для СОД єдиним способом боротьби з наслідком застосування сірчистого палива є його додаткова обробка перед подачею в циліндр, що сприяє згодом зниженню сірчистого зносу [3]. При цьому необхідно враховувати, що вирішення проблеми з вида-

лення сірчистих домішок із палива повинно бути комплексним, тому що будь-яка фізична дія на паливо призводить до зміни практично всіх його компонентів.

Постановка завдання. Таким чином, незважаючи на широкий спектр наукових досліджень, що спрямовані на розв'язання завдання з підвищення ефективності використання в СЕУ важких палив, існує невирішена проблема, якою є експлуатація суднових СОД на паливах з підвищеною в'язкістю та максимально можливим вмістом сірчистих сполук [4].

Виклад основного матеріалу дослідження. Для успішного застосування в'язких, високо-сірчистих палив у суднових СОД необхідне розв'язання комплексу організаційно-технічних завдань від прийому палива на борт судна до його спалювання в циліндрі дизеля. Система паливопідготовки повинна забезпечувати захист дизеля під час його роботи з використанням сірчистих паливах на всьому діапазоні експлуатаційних режимів.

Одним із методів паливопідготовки, що сприяє зменшенню шкідливого впливу сірки на деталі ДВЗ, є кавітаційна обробка палива ультразвуком. Одним із варіантів застосування кавітаційної обробки палива є дообладнання штатних систем паливопідготовки додатковими модулями, які здійснюють цей процес [5]. Таким модулем була доукомплектована система паливопідготовки суднових СОД 6VDS18, що мають номінальну потужність 390 кВт при частоті обертання колінчастого вала 750 об/хв та у кількості трьох штук складають суднову допоміжну енергетичну установку. Кожний дизель забезпечений автономною системою подачі палива, що дає можливість проводити дослідження для окремого дизеля з паливом, яке пройшло різні етапи підготовки [6]. Паливна система одного з двигунів не піддавалася перекомплектації та експлуатувалася в «штатному» стані, при цьому даний дизель приймався за «контрольний». Паливо до двох інших дизелів подавалося після додаткової кавітаційної обробки. Під час проведення експерименту дизелі експлуатувалися на паливі HFO380. Фрагмент ділянки з дообладнання паливної системи дизелів показаний на рис. 1 [7].

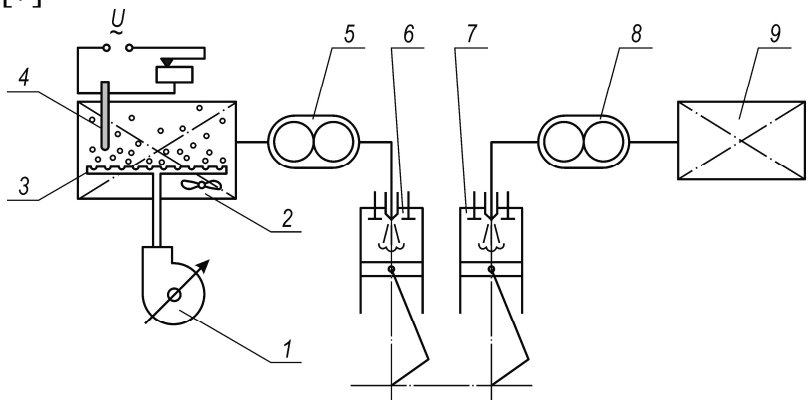


Рис. 1. Схема дообладнання системи подачі палива до двигунів (фрагмент):
1 – повітряний компресор; 2, 9 – паливні цистерни; 3 – повітряна магістраль;
4 – ультразвукова установка; 5, 8 – паливні насоси; 6, 7 – двигуни

Двигун 7 був «контрольним» та експлуатувався в «штатному» режимі, при цьому паливо, пройшовши стандартну процедуру підготовки, подавалося до

нього насосом 8 з цистерни 9. Двигуни 6 були «експериментальними». Паливо до них подавалося насосом 5 з цистерни 2, в якій паливо піддавалося впливу ультразвукових хвиль за допомогою генератора УЗГ-5М з магнітострикційним випромінювачем. При цьому для посилення кавітаційних явищ у нижній частині однієї з цистерн була прокладена додаткова повітряна магістраль 3, нагнітання повітря до якої здійснювалося повітряним компресором 1. При цьому бульбашки повітря, що потрапляють в об'єм палива, були додатковими джерелами кавітаційних зон. Ультразвукова установка 4 експлуатувалася в режимі I=0,4 А із застосуванням магнітострикційного випромінювача в 22 кГц. Дані величини були визначені в попередніх лабораторних дослідженнях і забезпечували найкращі дисперсні показники палива. У паливній цистерні 2, в якій відбувалася ультразвукова обробка палива, додатково встановлювався лопатковий змішувач, що забезпечувало однорідність палива в повному обсязі [8].

Для забезпечення ідентичності експерименту для всіх дизелів проводилася їх попередня підготовка до випробувань. Умови експлуатації дозволяли послідовно протягом 40 годин виконати повну моточистку зазначених дизелів. При цьому на всіх дизелях замінювалися поршнева група (поршні і поршневі кільця) й основні елементи паливної системи високого тиску (прецизійні пари паливного насоса високого тиску плунжер – втулка і голка – розпилювач форсунки).

Протягом усього часу проведення експерименту здійснювався контроль часу роботи та експлуатаційного навантаження на дизелі. Для досягнення рівномірного розподілу часу роботи дизелів двигуни послідовно переводилися в режим stand-by. Відповідно до технології проведення експерименту різниця в часі роботи дизелів, а також в експлуатаційних навантаженнях на двигуни не перевищувала 4 %, що, з огляду на енергоємність об'єктів, дозволяло вважати умови їх роботи ідентичними. Експлуатація двигунів проводилася на одному й тому ж сорті палива. При цьому засоби автоматичного контролю підтримували в'язкість палива незмінною протягом усього експерименту. Також ідентичним підтримувався сорт циркуляційного мастила, що забезпечує режими змащування, і його експлуатаційні характеристики. Дані заходи дозволили вважати, що виконання експерименту проходить в однакових умовах. Завданням дослідження було визначення зносу циліндрових втулок і верхнього поршневого кільця для «стандартного» палива і палива, що піддалося додатковій кавітаційній обробці. Вимірювання зносу проводилося для двох крайніх циліндрів, які, як відомо, більш ніж інші (центральні циліндри) схильні до цього явища. Отримані при цьому значення усереднювалися. Крім того, дослідження тільки двох циліндрів суттєво скорочувало час монтажних робіт, який обмежувався умовами експлуатації. З цих же причин дослідження виконувалися після 170, 360, 580, 780, 1010 годин роботи двигунів. За отриманими даними побудовані номограми (рис. 2), що характеризують зниження зносу розглянутих деталей під час використання додаткової ультразвукової кавітаційної обробки палива.

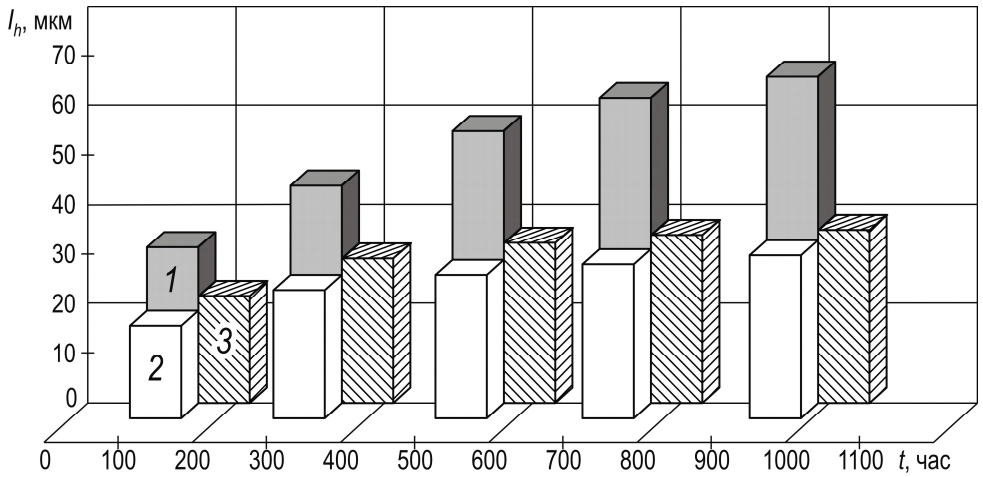


Рис. 2. Знос циліндрових втулок суднового СОД 6VDS18 за різних умов експлуатації:
1 – «контрольний» дизель, експлуатація у «штатному стані;
2 – «експериментальний» дизель, експлуатація за умови кавітаційної обробки палива;
3 – «експериментальний» дизель, експлуатація за умови кавітаційної обробки палива з додатковою подачею повітря до зони кавітації

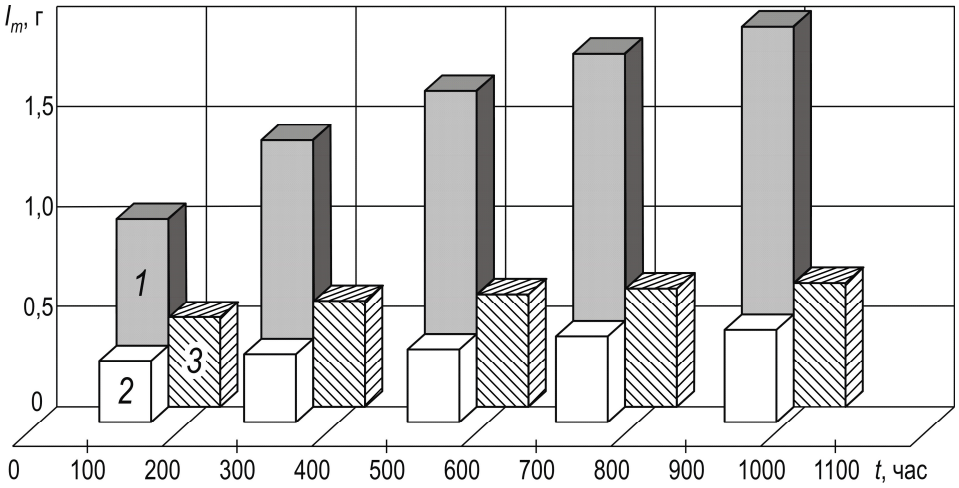


Рис. 3. Знос поршневих кілець суднового СОД 6VDS18 за різних умов експлуатації:
1 – «контрольний» дизель, експлуатація у «штатному стані;
2 – «експериментальний» дизель, експлуатація за умови кавітаційної обробки палива;
3 – «експериментальний» дизель, експлуатація за умови кавітаційної обробки палива з додатковою подачею повітря до зони кавітації

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведені експериментальні дослідження свідчать про те, що додаткова кавітаційна обробка високов'язкого палива (які можливо проводити як у паралельному, так і в послідовному варіанті) сприяють зниженню в 3,2...4,7 рази сірчистого зносу поршневих кілець і циліндрових втулок дизеля. При цьому найбільше зниження цього параметра спостерігається для поршневих кілець, що особливо актуально, враховуючи важливість даного вузла в забезпеченні не лише якісного перебігу процесів стиснення, згоряння і розширення, але й також надійності роботи трибосполучення поршень-втулка циліндра.

Використання кавітаційної обробки палива доцільно виконувати в сукупності зі стандартними методами паливопідготовки шляхом доповнення штатних схем спеціальним обладнанням. Оптимальні режими роботи цього облад-

нання визначаються попередніми дослідженнями, які (за умови розробки відповідних технологічних карт) можуть бути виконані безпосередньо судновою машинною командою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Zablotsky Yu. V. Enhancing Fuel Efficiency and Environmental Specifications of a Marine Diesel When using Fuel Additives / Yu. V. Zablotsky, S. V. Sagin // Indian Journal of Science and Technology, Published by Indian Society of Education and Environment. – December 2016. – Vol. 9. – Iss. 46. – P. 353-362. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i46/107516.

2. Сагин С. В. Определение триботехнических характеристик поверхностей по степени упорядоченности пристенных слоев углеводородных жидкостей / С. В. Сагин, Ю. В. Заблоцкий // Проблеми техніки : наук.-виробн. журнал, 2011. – № 3. – Одесса : ОНМУ. – С. 78-88.

3. Заблоцкий Ю. В. Исследование влияния органических покрытий на работу элементов топливной аппаратуры высокого давления судовых дизелей / Ю. В. Заблоцкий // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. – 2015. – № 35. – Одесса: НУ ОМА. – С. 83-92.

4. Лейбович Л. Растворимость водорода в смесях жидких топлив при атмосферном давлении / Л. Лейбович, Ю. Евстегнеева // Modern Engineering and Innovative Technologies. – 2017. – № 3(05-03). – P. 46-50. https://doi.org/10.30890/2567-5273.2018-05-03-032

5. Поповский А. Ю. Оценка эксплуатационных свойств смазочно-охлаждающих жидкостей судовых технических средств / А. Ю. Поповский, С. В. Сагин // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сборник. – 2016. – Вып. 22. – С. 66-74.

6. Поповский А. Ю. Оценка эксплуатационных свойств смазочно-охлаждающих жидкостей судовых технических средств / А. Ю. Поповский, С. В. Сагин // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сборник. – 2016. – Вып. 22. – С. 66-74.

7. Сагин С. В. Применение ультразвуковой обработки топлива для снижения сернистого износа двигателя / С. В. Сагин, Солодовников В. Г. // Технические науки – от теории к практике. Сб. ст. по материалам XXXV междунар. науч.-практ. конф. № 6 (31). – Новосибирск : «СибАК», 2014. – С.42-48.

8. Sagin S. V. Estimation of Operational Properties of Lubricant Coolant Liquids by Optical Methods / S. V. Sagin, V. G. Solodovnikov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – Vol. 12. – Num. 19. – P. 8380-8391.

УДК: 656.085: 621.431.74:621.431.74.052

Калугін В. М.
Національний університет «Одеська морська академія»

Забезпечення моніторінга технічного стану газотурбокомпресорів суднових дизелів по рівню вібрації

Ключові слова: вібрація, відмова, газотурбокомпресор, надійність, суднові двигун внутрішнього згоряння, технічний стан.

Узагальнення досвіду експлуатації суднових двигунів внутрішнього згоряння (СДВЗ) свідчить, що відмови і пошкодження їх газотурбокомпресорів (ГТК) є провідною причиною відмов СДВЗ усіх типів, на долю яких припадає від 18% до 43% від загальної кількості відмов усіх компонентів СДВЗ [1, 2, 3].

За даними класифікаційного товариства (КТ) «Lloyd's Register» (LR) [1] встановлена залежність зміни надійності СДВЗ, що викликана відмовами ГТК, в залежності від типу дизеля. Кількість несправностей ГТК, що призвели до відмов СДВЗ, стосовно загальної кількості відмов по СДВЗ, склало: 3% для високо обертових дизелів (ВОД), 9% для середньо обертових дизелів (СОД) і 18% для мало обертових дизелів (МОД). Визначено показники надійності ГТК, як єдиного агрегату в цілому, так і окремих його компонентів.

Найчастіше відмови ГТК типів NA і VTR були викликані пошкодженнями роторів, відповідно - 18% і 23%. Для ГТК типу NA їх відмови були викликані руйнуваннями підшипників ковзання з боку турбіни -12% і компресору - 12%.

Основними причинами пошкодження роторів і руйнувань підшипників є порушення балансування ротора що спричинені експлуатаційними відкладеннями на робочих лопатках, диску турбіни, і колесі компресору. Ще однією причиною виникнення значних вібраційних навантажень і наступних пошкоджень ГТК є їх робота в зоні нестійких режимів – режим «помпажу» компресору [4].

Таким чином, в цілях забезпечення високого рівня технічного стану (ТС) ГТК необхідно постійно контролювати рівень вібрації ГТК та відповідно до отриманих значень їх показників та категорії ТС здійснювати заходи щодо усунення причин виникнення підвищеної вібраційної активності ГТК [3].

Для цілей оцінки ТС компонентів СДВЗ, і конкретно ГТК, було розглянуто нормативні граничні значення показників вібрації які застосовуються КТ [4, 5], і зазначено нижче, а також наведено на рисунку 1. Рівні категорій ТС встановлено по значенням швидкості вібрації – V, в значеннях розмірності мм/с й прискорення вібрації – W, в значеннях розмірностей одиниць g або м/с^2 (g = 9,81 м/с^2 - прискорення вільного падіння).

В результаті порівняльного аналізу було встановлено, що використання рекомендованих значень вібрації для оцінки ТС ГТК які запропоновано КТ неможливе по причині невідповідності рекомендованих значень.

КТ РМРС пропонує 2 рівня категорії ТС ГТК:

- Категорія А, граничні нормативні значення V = 16 мм/с і W = 0.51g;
- Категорія В, граничні нормативні значення V = 22 мм/с і W = 0.77g.

КТ DNV-GL пропонує наступні граничні нормативні значення, в залежності від потужності СДВЗ:

- N_e < 5 МВт – V =45 мм/с і W= 1,5g;
- 5 МВт< N_e >10 МВт - V=50 мм/с і W= 2,0g;
- N_e > 10 МВт - V=55 мм/с і W= 2,5g.

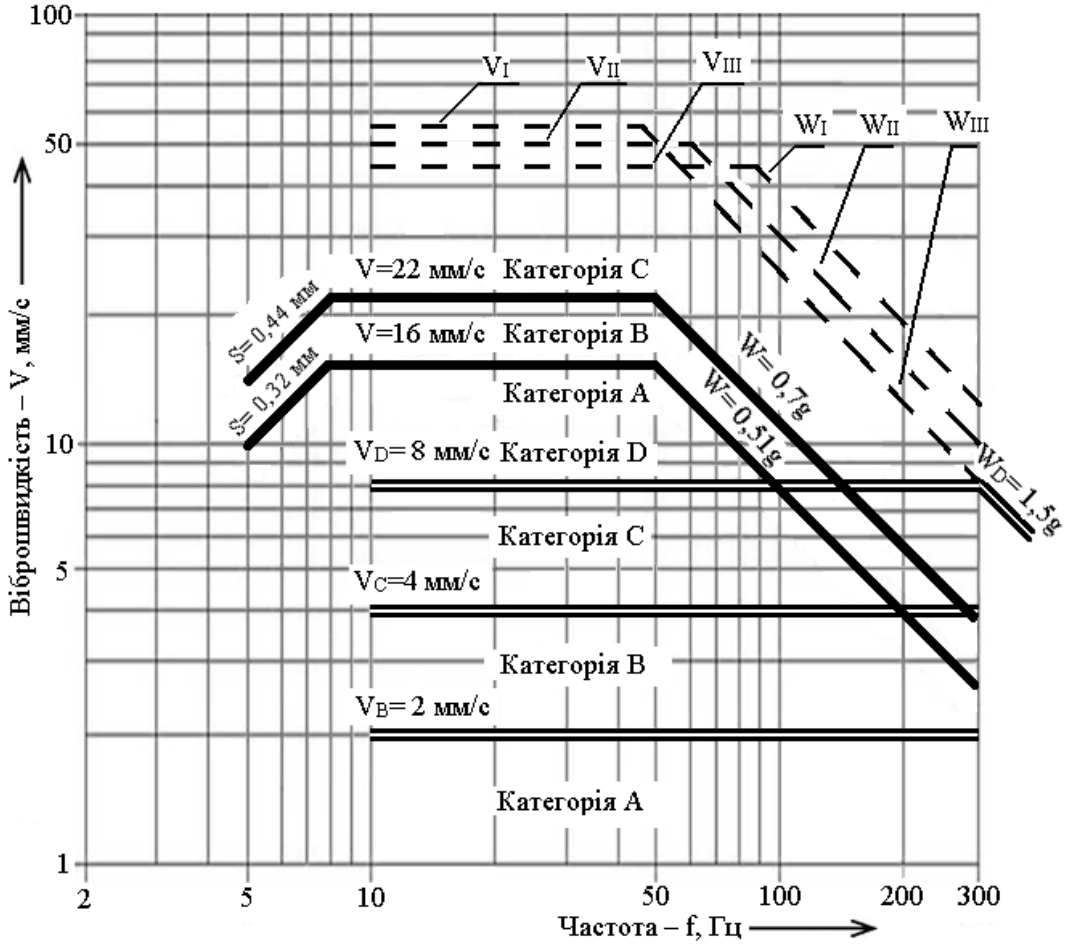


Рисунок 1 - Нормативні значення рівнів вібрації ГТК СДВЗ і відповіді їм категорії ТС

Умовні позначення рисунка 1:

▬ ▬ ▬ - Нормативні значення граничних рівнів вібрації ГТК DNV-GL:

V_I = 55,0 мм/с, W_I = 1,5g = 14,7 м/с^2 – для ГТК СДВЗ N_e > 10 МВт;

V_{II} = 50,0 мм/с, W_{II} = 2,0 g = 19,6 м/с^2 – для ГТК СДВЗ 5 < N_e >10 МВт;

V_{III} = 45,0 мм/с, W_{III} = 2,5 g = 24,5 м/с^2 – для ГТК СДВЗ N_e < 5 МВт.

▬▬▬ - Нормативні значення рівнів вібрації ГТК МРСР:

Категорія А – відповідає категорії ТС «Відмінно»;

Категорія В – відповідає категорії ТС «Задовільно»,

Категорія С – відповідає категорії ТС «Відмова»;

═══ - Запропоновані рівні вібрації та категорії ТС:

Категорія А – відповідає категорії ТС «Відмінно»;

Категорія В – відповідає категорії ТС «Добре»;

Категорія С – відповідає категорії ТС «Задовільно»;

Категорія D – відповідає категорії ТС «Відмова».

Нормативні значення КТ DNV-GL і РМРС різняться між собою по швидкості вібрації в 2.5 рази та по прискоренню більш ніж 3.5 рази. Таким чином використання рекомендованих значень КТ може приводити до неадекватної оцінки реального ТС ГТК.

В результаті аналізу проведених автором досліджень, рекомендуються нормативні значення вібрації і характеристика категорії їх ТС які наведено в таблиці 1.

Порівняльний аналіз вібраційних параметрів і кількісних характеристик ТС по рівню вібрації ГТК, дозволяє встановити, що для кожного діапазону частот характерні свої параметри ідентифікації джерел коливань: частоти менше 10 Гц – переміщення вібрації, S (мм); частотний діапазон від 10 до 300 Гц – швидкість вібрації, V (мм/с); частоти більше 300 Гц – прискорення вібрації W (одиниць g або м/с^2). При визначенні границь змін значень вібрації враховувалось, що «істотним» вважається збільшення амплітуд в 2 рази, а «граничним» в 4 рази [6]. З зростанням частоти коливань значення допустимих значень прискорення - $W_д$ збільшуються, а швидкості - $V_д$ знижуються, що відображається наступними залежностями: $V_д = 0.15 \cdot К/\sqrt{f}$, $W_д = К \cdot \sqrt{f}$, де: К – постійний емпіричний коефіцієнт.

Однак, для базових частот вібрації ротору ГТК - f_p , які відповідають першої гармонічної складової - f_p^1, автором експериментально була встановлена інваріантність до значень величин швидкості вібрації.

Враховуючи досвід використання систем оцінок вібраційного стану СТЗ, а також результати які отримані при дослідженнях вібрації ГТК виконаних автором, доцільно назначити три граничні рівня вібрації ротору ГТК, що модулюються на частотах першої - f_p^1 та другої f_p^2 гармонічних складових і які відрізняються по амплітудам в 2 рази, незалежно від значення частоти коливань. Рівні ТС визначають чотири області функціонування ГТК по наступним ознакам:

I. «Добрий» - відсутня необхідність проведення ревізії ГТК, планові роботи не потребують дефектації компонентів ГТК;

II. «Задовільний» - вібрація підвищена, потребується усунення її причин при планових ревізіях, пов’язаних з розборкою і дефектацією компонентів ГТК;

III. «Допустимий» - небезпечний стан, необхідний аналіз причин несправностей і термінова (поза планована) ревізія ГТК;

IV. «Відмова» - аварійний стан ГТК, подальша експлуатація заборонена, необхідний аналіз причин пошкоджень чи несправностей що виникли з виконанням відповідних ремонтних робіт по їх усуненню.

Таблиця 1 - Рекомендовані нормативні значення величин вібрації ротору ГТК

Категорія технічного стану ГТК по рівню вібрації, на частотах f_p^1 та f_p^2					
«Добре»		«Задовільно»		«Відмова»	
V, мм/с	W, g (м/с^2)	V, мм/с	W, g (м/с^2)	V, мм/с	W, g (м/с^2)
2,0	- (-)	4,0	- (-)	8,0	1,5 (14,7)

Значення швидкості вібрації, яке відповідає граничній характеристиці ТС «Добре», вказаного в таблиці 1, відноситься до ГТК які обладнано підшипниками ковзання. Рівень вібрації ГТК, які обладнано підшипниками кочення зазвичай більший, тому базові значення для граничної характеристики «Добре» може бути підвищено до $V_Д$ = 3,0 мм/с і «Задовільно» до $V_Д$ = 6,0 мм/с. Однак, значення величин швидкості та прискорення для характеристики технічного стану «Відмова» повинні залишатися незмінними і відповідати значенням, наведеним в таблиці 1.

При експлуатаційному контролі вібраційних характеристик увагу потрібно приділяти не тільки абсолютним значенням вимірюваних величин, а й швидкості їх відносного змінення.

Це підтверджує встановлені в практиці діагностування положення в тому, що для кожного конкретного технічного засобу необхідно встановлювати свої нормовані значення показників ТС в межах системи їх оцінок, наприклад таких, як наведених в таблиці 1.

Висновки

1. Результати узагальнення досвіду експлуатації СДВЗ дозволяє встановити, що провідною причиною відмов СДВЗ усіх типів є пошкодження ГТК, на долю яких припадає від 18% до 43% від загальної кількості відмов усіх компонентів СДВЗ і встановити показники надійності ГТК, як єдиного агрегату в цілому, так і окремих його компонентів. Визначено, що найчастіше відмовляють такі вузли ГТК як ротор, соплові і робочі лопатки газової турбіни, опорні та опорно-упорні підшипники ковзання, внаслідок режиму «помпажу» компресору і порушення балансування ротору, яке обумовлено відкладеннями у лопаткових апаратах турбін та їх пошкодженням.

2. Встановлено, що швидкість вібрації характеризує динамічний стан ротору, і є інваріантною до режимів роботи ГТК. Її значення залишається практично постійним в широкому діапазоні замірів частот обертання ГТК. Це дозволяє рекомендувати швидкість вібрації в якості основного діагностичного параметру, при контролі ТС ГТК, обмежуючись частотним діапазоном спектру, відповідний першій, f_p^1 та другій, f_p^2 гармонічних складових. Властивість інваріантності до режимів роботи ГТК дозволяє забезпечити оперативність визначення категорії ТС.

3. Встановлено, що мастильний шар підшипників ковзання здатний акумулювати і демпфірувати енергію коливань, що передає ротором в підшипниках ковзання. Цю властивість потрібно використовувати в системах мащення ГТК, з цілю їх модернізації для підвищення надійності дії підшипників при «помпажу» компресору і розбалансуванні ротору яке викликано експлуатаційними причинами (вигинів ротору, пошкодження лопаткових апаратів, відкладення в проточній частині турбіни і т. п.).

4. Розглянуто нормативні граничні значення показників вібрації які використовують КТ МРСР і DNV-GL, для цілей оцінки ТС ГТК СДВЗ. Викори-

стання рекомендованих значень вібрації неможливе по причині невідповідності рекомендованих значень внаслідок того, що нормативні значення які вставлені ними різняться між собою по швидкості вібрації в 2.5 рази та по прискоренню більш ніж 3.5 рази. Таким чином використання рекомендованих значень які використовують КТ МРСР і DNV-GL призводить до неадекватної оцінки реального ТС ГТК.

5. Визначено області функціонування ГТК в залежності від рівня вібрації, і пропонуються наступні нормативні значення величин вібрації і відповідні їм категорії ТС ГТК СДВЗ:

- «Добре» V = 2,0 (3,0) мм/с;
- «Задовільно» V = 4,0 (6,0) мм/с;
- «Відмова» V = 8,0 мм/с і W = 15,0 м/с^2.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Banisoleiman K., Rattenbury N. Reliability trends, operating issues and acceptance criteria related to exhaust gas turbochargers used in the marine industry// A classification society view by Lloyd's Register, marine services.- London, 2008.- September.- p.21-39

2. Auxiliary Engine Damage 2018. [Электронный ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://www.swedishclub.com/

3. Калугін В. М. Аналіз досвіду експлуатації та поліпшення ефективності дії газотурбокомпресорів суднових дизелів / В. М. Калугін // Суднові енергетичні установки: науково-технічний збірник — 2018. Вип. 38. – Одеса: НУ «ОМА». – С. 81–90.

4. РМРС 2017. [Электронный ресурс]. – Режим доступу к ресурсу: http://www.rs-class.org/ru/

5. DNV GL rules for classification: Ships (SHIP) October 2015. [Електронний ресурс]. – Режим доступу к ресурсу: http://www.dnvgl.com.

6. Сыромятников В. Ф. Автоматика как средство диагностики на морских судах / В. Ф. Сыромятников. – Л.: Судостроение, 1979. – 312 с.

УДК: 661.96(045)

Демідова Н.П.
Національний університет «Одеська морська академія»

Виробництво та зберігання водню

Анотація: у статті розглянуто основні способи отримання водню, із зазначенням їх переваг і недоліків. Розкрито проблематику методів зберігання водню, що пов'язані з його фізико-хімічними властивостями. Представлені найбільш перспективні способи отримання і зберігання водню із зазначенням переваг подальших досліджень в обраних методах.

Ключові слова: водень, отримання водню, зберігання водню, воднева енергетика.

Abstract: in the article I consider the main methods of obtaining hydrogen, indicating their advantages and disadvantages. The problems of hydrogen storage methods, connected with its physical and chemical properties, are disclosed. The most promising ways of producing and storing hydrogen are presented, indicating the advantages of further research in the selected methods.
Keywords: hydrogen, hydrogen production, hydrogen storage, hydrogen energy.

Анотація: в статье рассмотрены основные способы получения водорода, с указанием их преимуществ и недостатков. Раскрыта проблематика методов хранения водорода, которые связаны с его физико-химическими свойствами. Представлены наиболее перспективные способы получения и хранения водорода с указанием преимуществ дальнейших исследований в выбранных методах.
Ключові слова: водород, получение водорода, хранение водорода, водородная энергетика.

Водень, як універсальний носій енергії, здавна був привабливим своєю екологічною чистотою, гнучкістю та ефективністю. Сьогодні технології виробництва водню різного ступеня, з практично необмеженою сировинною базою, є досить хорошими. Однак переважна більшість фізичних та хімічних властивостей водню значно перешкоджає розвитку енергії водню. До таких властивостей відносяться: низька густина газоподібного водню, низька температура зрідження, висока вибухонебезпечність з несприятливим впливом на властивості конструкційних матеріалів [1,2].

Розглянемо основні методи отримання водню: електроліз, реформінг, газифікація, термохімічні цикли, біологічне виробництво.

Виробництво водню шляхом розкладання води під дією електричного струму називається *електролізом*. Перевагами цього способу виробництва є наступні: добре налагоджена і комерційно доступна технологія; ретельно вивчений промисловий процес, придатний для отримання водню з відновлюваних джерел енергії (наприклад, сонячної), що забезпечує повторюваний характер деяких поновлюваних джерел енергії; висока чистота готового продукту. Однак цей метод реалізується з високими витратами на енергію. Крім того, існує конкуренція при прямому використанні відновлюваної електричної енергії [3].

Наступним, добре вивченим, широко застосовуваним способом виробництва водню є *реформінг* (стаціонарний та транспортний) теплове розкладання вуглеводневого палива паром. Перевагою цього методу є низька вартість продукту з природного газу. Однак у цього методу є і свої недоліки, і досить значні дрібномасштабні пристрої не мають комерційної цінності, кінцевий продукт містить домішки; деякі програми вимагають очищення газу; викиди вуглекислого газу; первинне паливо можна використовувати безпосередньо [3].

Газифікація – розкладання важких вуглеводнів та біомаси для подальшої трансформації водню та газів. Ця технологія була широко вивчена для великих вуглеводнів у великих масштабах, вона використовується для твердого та рідкого палива, також було продемонстровано газифікацію біомаси. Цей метод також має свої недоліки: процес не вивчений повністю; невеликі пристрої рідкісні; кінцеві продукти вимагають інтенсивного очищення перед використанням; біомаса використовується як добриво; конкуренція з синтетичними паливами з біомаси.

Виробництво водню за допомогою *термохімічних циклів*, що використовують дешеве високотемпературне тепло ядерних реакторів або концентрованої сонячної енергії, має ряд переваг: принципово можливо отримати великі об'єми водню за низькою вартістю та без викидів парникових газів для важкої промисловості і транспорту. Існує міжнародна співпраця в галузі досліджень, розробок та впровадження, але цей процес синтезу є складним і все ще не має комерційної цінності, він вимагає тривалого дослідження матеріалів (близько 10 років), удосконалення хімічних технологій; вимагає ядерного реактора високої температури або сонячних концентраторів.

Біологічне виробництво водню [4] ще вивчається. Цей спосіб виробництва заснований на здатності водоростей та бактерій виробляти водень за певних умов. Звичайно, це може бути чудовим ресурсом, але основні питання: низький рівень накопичення водню з-за малої швидкості; для цього потрібні великі площі; найбільш зручні об'єкти ще не виявлені. Дослідження біологічного виробництва ще тривають.

Детальне вивчення матеріалів методів синтезу водню показало, що використання атомної енергії є дуже перспективним для її майбутнього масового виробництва. У цьому випадку розглядаються два основні методи: використання надлишкової ядерної енергії атомних електростанцій у нічний час для накопичення водню, отриманого за допомогою електролізу; використання высокотемпературних реакторів з газовим або металевим теплоносієм для виробництва водню у процесі термічних циклів. Остання технологія є найбільш економічно вигідною. Концепція, розроблена в СРСР на початку 1970-х років, широкого використання водню, отриманого з води за допомогою ядерних реакторів, отримала назву атомно-водневої енергетики [5,6].

При отриманні водню в лабораторіях вибирають ті вихідні продукти, водень з яких виділяється найлегше. Здебільшого водень в лабораторіях отримують електролізом водних розчинів KOH або NaOH. На виготовлення електродів йде зазвичай листовий нікель, бо він не піддається корозії при зануренні в розчин лугу. Концентрацію цих розчинів підбирають відповідно до максимального показника їх електропровідності (34% для KOH і 25% для NaOH).

Дисоціація KOH:

$KOH = K^+ + OH^-$

$H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-$

Відомо, що в разі водних розчинів спостерігається конкуренція між іонами розчиненої речовини і води за процес окислення і відновлення. Катіони, що стоять у ряді напруг від літію до алюмінію рухаються до катода, але не

відновлюються на катоді, так як йде відновлення води; на аноді йде окислення іона гідроксилу.

Кат(-): $2H_2O + 2e = H_2\uparrow + 2OH^-$

Ан(+): $4OH^- - 4e = O_2\uparrow + 2H_2O$

Сумарне рівняння процесу:

$2KOH + 2H_2O \rightarrow$ (електроліз) $\rightarrow 2KOH + 2H_2\uparrow + O_2\uparrow$

Якщо, наприклад, V(ан) = 11,2 л, то хімічна кількість газу (O_2) на аноді:

$n(O_2) = Vан/Vm = 11,2/22,4 = 0,5$ (моля).

За рівнянням реакції хімічна кількість газу (H_2) на катоді вдвічі більша, ніж хімічна кількість газу (O_2) на аноді.

$n(H_2) = 2 \cdot n(O_2) = 2 \cdot 0,5 = 1$(моль);

$M(H_2) = 2 \cdot 1 = 2$ (г/моль);

Маса водню: $m(H_2) = n(H_2) \cdot M(H_2) = 2 \cdot 1 = 2$ г.

Отримання водню або його виділення в лабораторних умовах можна охарактеризувати за допомогою наступних реакцій:

1) При дії кислот на метали (кислота розбавлена). Зазвичай використовують цинк в гранулах і 20-30 %-ий розчин сірчаної кислоти, з додаванням 2-3 зерняток мідного купоросу для прискорення реакції, яку проводять, як правило, в апараті Кіппа. Чистота водню обумовлена чистотою вихідних продуктів. У водні можуть бути присутніми сліди домішок сірководню, азоту, для видалення яких водень піддають додатковому очищенню. Можна застосовувати замість цинку залізо, наприклад, у вигляді стружки, або інші метали. Замінювати сірчану кислоту на соляну небажано, бо водень буде притягувати хлористий водень. Для реалізації цієї реакції зазвичай використовують цинк і сірчану кислоту. Нижче наведено рівняння для реакції з застосуванням сірчаної кислоти:

$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2\uparrow$

2) При взаємодії кальцію і води:

$Ca + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + H_2\uparrow$

3) При гідролізі гідридів, при якому гідриди металів легко розкладаються водою, утворюючи відповідну лугу і водень, наприклад, при гідролізі гідриду натрію:

$NaH + H_2O \rightarrow NaOH + H_2\uparrow$

4) При дії на алюміній або цинк лужних розчинів. Отриманий даним способом водень має високий ступінь чистоти. Листовий або амальгований алюміній або алюмінієвий дріт нарізають дрібними шматочками і занурюють в апарат Кіпап, заповнений 10-15 % -им розчином лугу.

$2Al + 2NaOH + 6H_2O \rightarrow 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2\uparrow$

$Zn + 2KOH + 2H_2O \rightarrow K_2[Zn(OH)_4] + H_2\uparrow$

5) В ході електролізу водних лужних розчинів або розчинів кислот на катоді також відбувається виділення водню, наприклад:

$2H_3O^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O + H_2\uparrow$

Катіони металів з низьким показником електродного потенціалу не відновлюються на катоді, вони залишаються в розчині, а на катоді ж йде електрохімічний процес відновлення водню з молекул води.

6) При електролітичному способі розкладання води:

$2H_2O = 2H_2 + O_2$

Вода в своєму чистому вигляді майже зовсім не проводить струм, тому до неї додають електроліти, наприклад, КОН. В ході електролізу на катоді спостерігаємо за виділенням водню, а на аноді, відповідно – кисню. В даному методі кисень є продуктом побічним, і виділяється він в тій же кількості. Кисень легко видаляється при пропущенні газу через певні каталізатори, водень же, одержуваний електролізом води, являє собою досить дорогий продукт.

7) При взаємодії водяної пари і фіолетового фосфору:

$2P + 8H_2O = 2H_3PO_4 + 5H_2$

Пари фосфору від відновлення в електричній печі фосфату кальцію пропускають над каталізатором з водяною парою при температурі 400-600 °С. Даним методом, як і при зріджуванні (фракційному) коксового газу, отримують водень, який йде на синтез аміаку.

8) Водень отримують розкладанням метану, однак це вимагає наявності високої температури. Крім водню, побічним продуктом буде сажа, що знаходить також широке застосування в промисловому секторі:

$CH_4 = C + 2H_2$

У промисловості є й інші способи, які реалізуються в процесах отримання водню: електроліз водних розчинів солей, взаємодія води з металами, окислення киснем метану (при присутності каталізаторів) і деякі інші. Вихідними сировинними продуктами для виробництва водню можуть бути сміття і навіть біологічні відходи [3, 4].

Стадія зберігання водню являє собою проміжну ланку в його життєвому циклі від виробництва до споживання. Одним з найважливіших технологічних питань енергетики водню є розробка найбільш економічно-ефективних методів зберігання водню.

Як правило, водень зберігається в трьох агрегатних станах: зрідженому, абсорбованому або стисненому. Основні питання, які необхідно вирішити при розробці технологій зберігання водню, зводяться для забезпечення їх безпеки та рентабельності, які безпосередньо пов'язані з хімічними та фізичними властивостями водню.

До найбільш поширених фізичних методів зберігання водню [3,7], що використовують фізичні процеси (стиснення і зрідження) для переведення газу водню в компактний стан, входять: для стисненого водню - газові балони, стаціонарні масивні контейнери для зберігання (резервуари), трубопроводи; рідкий водень: стаціонарні та транспортні кріогенні контейнери.

До найбільш поширених хімічних методів зберігання водню [3,7], які забезпечуються фізичними або хімічними процесами його взаємодії з матеріалами, відносяться: адсорбція - поглинання газів поверхневим шаром рідини або твердого тіла (активоване вугілля, вуглеводневі наноматеріали); абсорбція – об'ємне поглинання матеріалу (металеві гідриди); методи, засновані на хімічній взаємодії сплавів на водній основі на основі алонатів, фулеренів та органічних гідратів, аміаку, губчатого заліза, алюмінію та кремнію.

Найбільш перспективними методами зберігання водню на сьогоднішній день є: метод з використанням вуглецевих нанотрубок [8]; метод зберігання водню в абсорбованому стані [3].

На думку вчених [8], використання вуглецевих нанотрубок може вирішити багато проблем зберігання водню. Такі вуглецеві матеріали, як нановолокна і нанотрубки, досить легкі, мають порожнисту структуру і, отже, можуть використовуватися як контейнер для зберігання водню при збереженні його густини в газоподібному стані. Водень здатний повільно вивільнюватися з наноматеріалів під час їх нагрівання. Довжина нанотрубок може становити кілька сантиметрів, а діаметр – лише кілька десятків нанометрів. Нанотрубки складаються із згорнутих у трубку однієї або декількох шестикутних графітових площин (графенів) закінчуються в «півсферичній» головці, яку можна розглядати як половину молекули фуллерена [9].

Дослідники з лабораторії Лоуренса у Берклі (лабораторія Берклі) придумали ідеальне рішення для зручного зберігання водню. Вони створили досить недорогий нанокомпозит, здатний поглинати водень з високою швидкістю і повертати його при помірному нагріванні. Більше того, метал, що міститься в композиті, не окислюється і не руйнується з часом. Дуже важливим аспектом є те, що якщо ця розробка лабораторії в Берклі досягне конвейєра, вона має бути добре сприйнята в енергетичній та транспортній галузях.

Раніше вже були запропоновані у якості ефективних контейнерів для зберігання водню вже пропонувалися металеві гідрати з широким діапазоном вібрацій, а також такі екзотичні матеріали, як полімерна піна або, наприклад, сполуки аміаку, але жоден варіант не став масовим.

EurekAlert повідомляє: новий матеріал складається з великої кількості наночастинок металевого магнію, які рівномірно розподілені по поверхні матриці з поліметилметакрилата. Полімерна матриця гальмує кисень і водяну пару, але при цьому пропускає водень до магнію і випускає його за необхідністю.

Як показують багато досліджень, метод утримання водню в абсорбованому стані є дуже перспективним. Однак більшість сорбційних матеріалів можуть поглинати до 7-8 % водню в масовій частці. Тому актуальність розробки шляхів підвищення цього показника є важливим питанням для дослідників у цій галузі.

Значних успіхів у підвищенні сорбційної здатності досягли А/ Філліпс (Adam Phillips) та Б. Шиварам (Bellave Shivaram). Вони змогли описати процес синтезу композитного матеріалу на основі металевого титану, в якому поглинаюча здатність досягає 12,4 % маси водню. Дослідники наголошують, що їх робота є лише першим кроком у цьому новому напрямку. Поки їм вдалося отримати лише мономолекулярний шар нового матеріалу, і поки не ясно, як із титанової сполуки десорбувати (вивільнити) водень. Як повідомляє Physics World, також необхідно продовжувати пошук нових сполук титану з іншими органічними молекулами (бензол та інші циклічні сполуки).

ВИСНОВОК: пошук методів виробництва водню і, здебільшого, методів зберігання є перспективним напрямком у вивченні цієї проблеми.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES
1. Лупачев, Д.А. Хранение водорода (получение и хранение) /Д.А. Лупачев, М.И. смирнов. – М.: Проблемы науки: наука, техника и образование, 2018. – С.73-78.
2. *Гладышева М.А.* Доклад «Хранение водорода» /М.А.Гладышева [Электронный ресурс]// Конференция «Старт в науку» МФТИ, 2004. Режим доступа: http://mirznanii.com/a/188820/khranenie-vodoroda/
3. *Levin D.V.* Biohydrogen production: prospects and limitations to practical application/ D.V. Levin, L. Pitt, M. Love. // International Journal of Hydrogen Energy. 2004. V. 29. P. 173-185.
4. *Пономарев-Степной Н.Н.* Атомно-водородная энергетика – пути развития/ Н.Н. Пономарев-Степной, А.Я. Столяревский// «Энергия» № 1, 2004. С. 3-9.
5. *Легасов В.А.* Атомно-водородная энергетика (прогноз развития)/ В.А. Легасов, Н.Н. Пономарев-Степной, А.Н. Проценко и др.// Вопросы атомной науки и техники. Серия Атомно-водородная энергетика, в.1, 1976. С. 5-34.
6. Методы хранения водорода в углеродных нанотрубках [Электронный ресурс]/ XII Международная конференция студентов и молодых ученых «перспективы развития фундаментальных наук» –
7. Режим доступа: http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/19169/1/conference_tpu-2015-C21-089.pdf (дата обращения 09.05.2018).
8. *Ажажа В.М.* Материалы для хранения водорода: анализ тенденций развития на основе данных об информационных потоках / В.М. Ажажа, М.А. Тихоновский, А.Г. Шепелев и др. // Вопросы атомной науки и техники №1 НАЦ «Харьковский физико-технический институт» г.Харьков, Украина; 2006. С. 145-152.
9. Los Alamos National Laboratory (2004, September 17). Laboratory Grows World Record Length Carbon Nanotube. ScienceDaily. Retrieved December 18, 2013 [Электронный ресурс].
10. Режим доступа: http: // www.sciencedaily.com/releases/2004/09/040917091336.htm/ (дата обращения 10.05.2018).
11. *Елецкий А.В.* Углеродные нанотрубки и их эмиссионные свойства / А.В. Елецкий // Успехи физических наук. Т. №4, 2002. С. 172.

УДК : 632.151

Дудко[1] С.А., Глазєва[1] О. В., Рак[2] О. М.
[1]Національний університет «Одеська морська академія»
[2]Донецький національний технічний університет

Підвищення енергоефективності морських суден шляхом застосування поновлювальних джерел електроенергії

З підписанням у 1997 р. Кіотського протоколу регулювання викиди парникових газів (ПГ) та пов’язана з цим економічна діяльність, перестала бути виключно прерогативою національних влад і стала об’єктом міжнародних угод.

Цим дуло покладено початок скороченню викидів ПГ в атмосферу для стримування процесу глобального потепління. Також встановлювалися квоти по викидам ПГ для декількох розвинених держав. Подальше розвинення ці міжнародні ініціативи отримали у Паризькій угоді, що зобов'язали усіх підписантів Рамкової Конвенція Організації Об'єднаних Націй із зміненням клімату (РКООНЗК), що відбулася в Парижі 12 грудня 2015 р, обмежити зростання температури на рівні 1,5 °С. На відміну від Кіотського протоколу, Паризька угода прямо не згадує Міжнародну Морську Організацію (ММО) в якості основного форуму для вирішення проблеми викидів ПГ в морі. Однак Паризька угода поширюється на всі антропогенні викиди ПГ з усіх секторів. Дійсно, характер міжнародних перевезень ускладнює приписування викидів ПГ конкретній країні, оскільки судно може бути зареєстроване однією державою прапора, мати членів екіпажу і капітанів з різних країн, приналежать компанії в іншій країні, чартер третьої і прокладати маршрути між четвертими.

ММО - міжнародна міжурядова організація, яка є спеціалізованою установою ООН, що служить апаратом для співпраці і обміну інформацією з технічних питань, пов'язаних з міжнародним торговельним судноплавством прийняла в грудні 2003 р резолюцію А.963 (23) "Політика і практика ММО, що відноситься до скорочення викидів ПГ з судів ". У цьому документі зазначається, що скорочення таких викидів може здійснюватися за допомогою прийняття технічних і експлуатаційних заходів. Тут же вказується про необхідність розробки методології опису ефективності судна з точки зору викидів ПГ з урахуванням того, що CO_2 є основним ПГ, що викидається з суднів. Крім того, основними ПГ, в порядку значимості їх впливу на тепловий баланс Землі, є також метан і озон. У документі вказується про необхідність розробки керівництва для застосування на практиці системи індексації викидів ПГ.

Діяльність ММО по розробці своїх інструментів (Міжнародних конвенцій, циркуляри та ін.) здійснюється робочими органами - Комітетами ММО, які працюють над розвитком Міжнародної конвенції щодо запобігання забрудненню із суден (МАРПОЛ 1973/78). Конвенція має 6 додатків. Додаток VI [1] присвячено захисту атмосфери від забруднення з суден. Крім заходів, що вживаються щодо захисту атмосфери від викидів оксидів сірки (SOx), оксидів азоту (NOx) і твердих частинок (ТЧ), ММО виступила з ініціативою розробки інструменту по захисту атмосфери від ПГ. Ці вимоги увійшли в главу 4 Додатка VI до МАРПОЛ і спрямовані на зниження емісії ПГ з суден. На частку сектора економіки, пов'язаної з морською галуззю (міжнародні, каботажні морські перевезення і рибальство) припадає 3,3%.

Відповідно до конвенції МАРПОЛ 1973/78 викиди CO_2 слід враховувати за допомогою коефіцієнта енергоефективності судна (ЕЕ), який є комплексним показником якості суднової енергетичної установки (СЕУ), виходячи з її витратних ресурсних показників. Поправки до Додатку VI до МАРПОЛ з технічних заходів скорочення викидів ПГ з суднів відповідно до Резолюції ММО МЕРС.203 (62), вступили в силу з 1 січня 2013 року для кожного нового судна валовою місткістю 400 і більше реєстрових тон. При цьому повинні бути визначені: **Необхідний** і **Досягнутий Конструктивні коефіцієнти енергоефек-**

тивності (EEDI), а також повинен бути і виконуватися Судновий план управління ЕЕ судна (SEEMP). Методика його визначення детально викладена в [3]. Досягнутий EEDI повинен визначатися відповідно до (1), наведеними в [2].

$$EEDI = \frac{\left(\prod_{j=1}^{M} f_j\right) \cdot \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)}\right) + \left(P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}\right)}{f_i \cdot f_c \cdot f_l \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_W} +$$

$$+ \frac{\left(\left(\prod_{j=1}^{M} f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{AEeff(i)}\right) C_{FAE} \cdot SFC_{AE}\right) - \left(\sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME}\right)}{f_i \cdot f_c \cdot f_l \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_W}$$

де ***SFC*** - питома витрата палива двигуна [г / кВт год]; C_F - безрозмірний перекладної коефіцієнт між витратою палива в двигуні (*г*) і викидами CO_2 (*г*), певними за змістом вуглецю С в конкретному паливі [*г* CO_2. */ г палива*] ; P_{MEi}, - показник потужності кожного головного двигуна (ГД), що дорівнює 75% від його номінальної потужності за вирахуванням потужності, споживаної валогенератором (в разі його наявності); P_{AE} - показник необхідної потужності допоміжних двигунів (ДГ) для забезпечення електроенергією при максимальному завантаженні судна; P_{PTI} - показник, що дорівнює 75% номінальної потужності, споживаної кожним гребним електродвигуном з урахуванням механічних втрат в ньому і без урахування втрат в генераторі; P_{AEeff} - показник скорочення електричної енергії за рахунок використання ЕЕ технологій (використання тепла ГД, що відходить); P_{eff} - показник скорочення потужності ГД за рахунок застосування ефективних інноваційних технологій в пропульсивній установці (ПУ) при 75% потужності ГД; f_i - фактор місткості судна, що враховує необхідність виконання вимог але обмеження місткості судна, наприклад вимог які застосовуються до суден льодового класу; f_j - коригувальний фактор, що враховує специфічну конструкцію елементів суден, наприклад, судів льодового класу; f_w - безрозмірний коефіцієнт, що враховує зниження швидкості при певному несприятливому стані моря в залежності від висоти і частоти хвилі, а також від швидкість вітру; f_{eff} - коефіцієнт доступності кожної інноваційної технології; V_{ref} - швидкість судна, виміряна на глибокій воді з урахуванням відповідної місткості (дедвейт DWT / валова місткість GT в залежності від типу судна) відповідно до вищезазначеного Керівництвом [вузли]. Більш детально з розрахунком коефіцієнтів f_i, f_j, f_w *і* f_{eff} можна ознайомитися в [2].

Значення C_F регламентуються Резолюцією MEPC.245 (66) і наводяться у вигляді відповідної таблиці, фрагмент якої наведено в табл. 1.

Відповідно до [1] високоефективними технологіями вважаються утилізація тепла відпрацьованих газів і застосування фотоелектричних модулів (ФЕМ) для виробництва електричної енергії. З особливостями їх застосування на морських судах можна ознайомитися в [3,4]

Таблиця 1 – Визначення C_F

Вид палива	Посилання	Вміст вуглецю	C_F, г·CO_2/т палива
MDO/Gasoil	ISO 8217	0.875	3.206

Потужність, що генерується при утилізації тепла відпрацьованих газів, залежить від потужності ГД. Так, для ГД при потужності> 25000 кВт рекомендують застосовувати комбінований спосіб парова (ПТ) і газова турбіна (ГТ)

при цьому $P_г$=(0,08-0,11)$P_{ГД}$; при потужності <25000 кВт рекомендують ГТ або ПТ – $P_г$=(0,03-0,05)$P_{ГД}$; при потужності <15000 кВт - ГТ або ORC (organic Rankine cycle) - органічний цикл Ренкіна [3].

Як зазначалося вище, одним з високоефективних способів підвищення енергоефективності є застосування ФЕМ, але слід зазначити, що для їх застосування на морських судах, існує цілий ряд особливостей. Потужність, обраній ДГ, за рахунок вироблення електроенергії ФЕМ визначається наступним чином:

$$f_{eff} \cdot P_{AEeff} = \left\{f_{eff} \cdot \left(1 + \frac{L_{temp}}{100}\right)\right\} \cdot \left\{P_{max} \cdot \left(1 - \frac{L_{other}}{100}\right)\right\}, \quad (4)$$

Де f_{eff} P_{AEeff} – загальна корисна потужність (кВт), що виробляється ФЄС; f_{eff} – коефіцієнт ефективності – відношення середньої вироблення електроенергії на основних світових маршрутах доставки до номінальної виробленні електроенергії, зазначеної виробником; P_{max} - номінальна максимальна генерується фотоелектрична потужність електростанції, виражена в кВт; L_{other} - сума інших втрат, виражена у відсотках і включає втрати в стабілізаторі потужності, в контактних з'єднаннях, електричних опорах і т.д. (В розрахунках рекомендується приймати 10%). Коефіцієнт ефективності може бути розрахований з урахуванням використання сонячного випромінювання і температури повітря на основних маршрутах доставки:

$$f_{eff} = f_{rad} \cdot \left(1 + \frac{L_{temp}}{100}\right), \quad (5)$$

де f_{rad} - це відношення середнього сонячного випромінювання на головному глобальному маршруті доставки до номінального сонячного випромінювання, зазначеному виробником. отже f_{rad} розраховується за такою формулою:

$$f_{rad} - \frac{200Вт/м^2}{1000Вт/м^2} - 0{,}2, \quad (6)$$

де L_{temp} - поправочний коефіцієнт, який залежить від температури модулів і виражається у відсотках. Середня температура модулів становить 40 °С, виходячи з середньої температури повітря на магістралі головного глобального маршруту доставки. Отже, L_{temp} виходить з температурного коефіцієнта f_{temp} (відсоток/ К), вказаний виробником. Значення температурного поправочного коефіцієнта для кристалічних модулів становить -0,3 ...- 0,45%/ К (тобто при підвищенні температури модуля на кожен градус його вироблення зменшується на 0,45% і має від'ємне значення). Для атмосферних модулів цей показник зазвичай рази в 2 менше.

$$L_{temp} = f_{temp} \cdot (40°C - 25°C), \quad (7)$$

Знаючи величину потужностей, що генеруються з застосуванням високоефективних технологій визначаємо коефіцієнт енергоефективності.

Необхідний *EEDI* повинен визначатися добутком величини базової лінії (БЛ) для конкретного типу судна на множник (1-Х/ 100), в якому враховується величина, що зменшує фактор Х, що залежить від типу судна, його розмірів і чотирьох пір фаз застосування цього фактору. Фрагмент таблиці тимчасових фаз наведено в таблиці 2

Необхідний $EEDI = \left(1 - \frac{X}{100}\right)$ – величина Базової лінії, (8)

Де X – зменшаючий фактор, що визначається з таблиці 3 – тимчасових фаз використання цього фактора.

Таблиця 2 - тимчасові фази застосування фактору зменшення.

Тип судна	Дедвейт (DWT)	Фаза 0	Фаза 1	Фаза 2	Фаза 3
Контейнеровоз	15000 DWT і вищє	0	10	20	30
	10000-15000 DWT	н/п	0-10°	0-20°	0-30°

Значення БЛ являється функцією від дедвейту судна:

Базова лінія$=a \cdot b^{-c}$, *(9)*

Де *a* і *c* – постійні величини, для різноманітних типів суднів, що приведені в [1], а данні для, наприклад контейнеровозу, - в таблиці 3, *b* – дедвейт судна.

Таблиця 3 – коефіцієнти для будування *Базової лінії*

Тип судна	*a*	*b*	*c*
Контейнеровоз	174,22	Дедвейт(DWT)	0,201

Згідно записів вище виразами (8) і (9), будуємо лінії необхідних рівнів (рис.1)

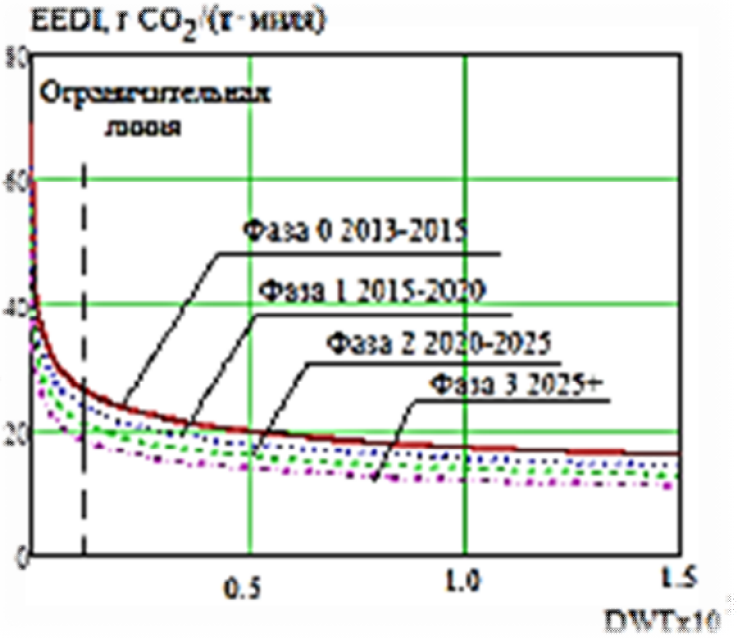


Рисунок 1 – Базова лінія та лінії необхідних рівней.

Висновки. Зусилля, зроблені ММО щодо зниження забруднення повітря з морських суден, пов'язане зі зміною клімату, засновані на науковій інформації, а тому вироблення недорогих і ефективних рішень дозволить уникнути дестабілізації досягнень останніх десятиліть. В результаті цього країни отримають можливість в майбутньому здійснити перехід до низьковуглецевої економіки, а також надати позитивний вплив на атмосферу і здоров'я людей.

Як показує практика експлуатації, потужність, що генерується ФЕС невелика в порівнянні з потужністю, яку одержують шляхом утилізації тепла відпрацьованих газів. Внаслідок відносно невеликою питомою потужності (до 350 Вт) і ККД (до 18%) ФЕМ немає необхідності в повній заміні електроенергетичного обладнання судна. Цього в принципі досягти неможливо через недостатню технологічного розвитку первинних альтернативних електростанцій, а також обмеженого вільного місця на судах для їх розміщення. Однак, впрова-

дження такого обладнання дозволить виробляти деякий додаткову кількість електроенергії для підвищення енергоефективності судів.

Для відповідності вимогам MARPOL, всім судновласникам необхідно: розробити за допомогою спеціалізованих організацій план управління ЕЕ судна для кожного зі своїх діючих або споруджуваних судів; забезпечити проходження судами оглядів і видачу на кожне судно міжнародного свідоцтва про ЕЕ: переконатися в тому, що всі замовлені ними і споруджувані суду тих типів, на які поширюється дія нових правил Конвенції MARPOL, мають такий коефіцієнтом ЕЕ, який забезпечить їх нормальну експлуатацію протягом усього терміну служби.

ЛІТЕРАТУРА

1. МАРПОЛ. Книга III, переглянуте Додаток VI до МАРПОЛ «Правила запобігання забруднення повітряного середовища з суден», Видання ЗАТ «ЦНИИМФ», 2012.
2. 2014 Guidelines on the method of calculation of the attained energy efficiency design index (EEDI) for new ships, as amended (resolution mcpc.245(66), as amended by resolutions MEPC.263(68) and MEPC.281(70)) /MEPC.l/Circ.866 30 January 2017/
3. Рак А.Н., Глазова О.В., Дудко С.А. Визначення генеруючих потужностей в термоеффсктівной системі суднової електростанції і її техніко-економічних показників / Електротехнічні і комп'ютерні системи. Науково-технічний журнал. Одеський національний політехнічний університет. Одеса, 2018. №28 (104) С. 141-147.
4. Головко С.В., Романенко Н.Г. Доцільність використання поновлюваних джерел енергії на судах в умовах обмеженого простору / Матеріали 62-ї міжнародної наукової конференції Астраханського технічного університету. Астрахань, 23-27 квітня 2018года. Видавництво А1ТУ 2018.

УДК 629.123

Шумілова К.В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Головні аспекти забезпечення ефективності системи управління безпекою судна та компанії

Відносно висока аварійність, пов'язана з неналежною організацією служби на судні або в судноплавної компанії, вимагає від міжнародної морської громадськості вжиття заходів щодо підвищення безпеки судноплавства.

Важкі наслідки, які відбулися від аварій для людини і навколишнього середовища визначаються різноманіттям форм власності і управління морськими суднами, а також збільшується роллю помилок «людського фактору» в процесі експлуатації суден.

Положення про систему управління безпекою судноплавства на морському і річковому транспорті, розроблене на виконання вимог статей 3, 4 Закону України "Про транспорт", статті 3 Кодексу торговельного мореплавства України та затверджене Наказом Міністерства транспорту України № 904 від 20.11.2003 визначає необхідність в створенні моделі (стандарту) управління безпекою судноплавної компанії, для того щоб визначити прийнятні вимоги щодо функціонування системи управління безпекою (СУБ) компаній, що експлуатують морські судна.

Основою такого стандарту є Міжнародний Кодекс з управління безпечною експлуатацією суден (МКУБ), прийнятий Міжнародною морською організацією (ІМО) в резолюції А.741 (18) в 1993 році і введений в 1994 році в Міжнародну конвенцію з охорони людського життя на морі 1974 р (SOLAS - 74) через главу IX - «Управління безпечною експлуатацією суден».

Міжнародний кодекс є, по суті, лише першою спробою формалізувати процес безпечної експлуатації морських суден, тому як немає двох однакових судноплавних компаній, то в цьому документі обмежилися лише загальними принципами і категоріями, надавши судноплавним компаніям будувати модель своєї компанії самостійно, визначивши лише цілі і завдання, які повинні бути вирішені в процесі функціонування їх СУБ.

СУБ компанії

Всі без винятку компанії-судновласники зобов'язані пройти передбачені законодавством процедури ліцензування та сертифікації.

Всі компанії, що управляють суднами, повинні мати Документ про відповідність (Document of Compliance), копія цього документа повинна бути на борту кожного судна, що знаходиться під управлінням цієї компанії. Сертифікат безпечного управління (Safety Management Certificate) - обов'язкова суднова документація.

Сертифікацію компаній і видачу документів про відповідність кодексу проводять урядові або неурядові організації, визнані державами, наприклад, кваліфікаційні суспільства (Регістри судноплавства).

Наявність Документа про відповідність МКУБ дозволяє компанії заявити про себе як про відповідну високим міжнародним стандартам, що відбивається на фрахтових ставках і значно підвищує авторитет у страхових компаній.

СУБ компанії визначається її Політикою. Політика компанії - це документ, що визначає цілі та завдання компанії, а також методи досягнення безпечної експлуатації суден і запобігання забрудненню навколишнього середовища: БЕЗПЕКА; ЯКІСТЬ; ЗАПОБІГАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ.

Загальна політика компанії в основному складається з:

- політики щодо забезпечення безпечного судноводіння (Safe Navigation Policy);
- політики щодо попередження забруднення (Pollution Prevention Policy);
- політики щодо забезпечення належного технічного стану судна (Technical Management Policy);
- політики щодо забезпечення безпечного перевезення вантажів (Safe Cargo Operations Policy);

- політики щодо забезпечення особистої безпеки (Personal Safety Policy);
- політики в області наркотиків і алкоголю (Drug and Alcohol Policy);
- кадрової політики (Personnel Policy);
- структурно-управлінської політики (Managerial Policies).

Політику компанії повинні знати і розділяти всі посадові особи компанії, причетні до управління безпекою, капітани і екіпажі суден.

На компанії лежать обов'язки:

• укомплектування кожного екіпажу в належній кількості і належної кваліфікації;

• перевірки: медичної комісії, робочих дипломів, сертифікатів і кваліфікаційних свідоцтв екіпажу, щоб вони відповідали вимогам міжнародних конвенцій;

• перевірки технічного стану суден, щоб він відповідав положенням міжнародних і національних документів;

• забезпечення необхідними картами, лоціями і всіма іншими навігаційними посібниками;

• перевірки наявності на кожному судні текстів міжнародних конвенцій, резолюцій ІМО, національних законів, правил, інструкцій, посібників, регуліруючих питання мореплавання.

За кожним напрямком Політики компанії створюються конкретні Керівництва, які згодом коригуються в процесі аналізу, оцінки, перегляду Політики.

У порівнянні СУБ компании і СУБ судна можна визначити, що безпека судна є складною властивістю, яка включає в себе ряд аспектів, зокрема таких як навігаційна безпека, технічна безпека, екологічна безпека.

СУБ судна

В СУБ, яка застосовується на судні, має бути зазначено, що капітан має надзвичайні повноваження, відповідальність і свободу дій щодо рішень, які він вважає найкращими в інтересах безпеки пасажирів, екіпажу, судна, вантажу та попередження забруднення навколишнього середовища.

В процесі експлуатації суден найважливіше значення набувають пошук і розробка нових концепцій і методів запобігання аварій.

СУБ судна повинна включати:

1) інструкції працівникам судновласника щодо забезпечення безпечної експлуатації суден і запобігання забрудненню навколишнього середовища;

2) документи, що встановлюють повноваження і взаємовідносини працівників судновласника, які здійснюють управління експлуатацією суден, в частині забезпечення безпечної експлуатації суден і запобігання забрудненню навколишнього середовища;

3) документ, що встановлює повноваження і взаємодії членів екіпажів суден і власника в частині забезпечення безпечної експлуатації суден і запобігання забрудненню навколишнього середовища;

4) способи зв'язку між працівниками судновласника і екіпажем судна;

5) порядок передачі екіпажем судна повідомлень про аварії, про факти недотримання вимог законодавства та (або) вимог, встановлених судновласником;

6) порядок дій членів екіпажу судна та інших працівників судновласника в разі виникнення аварійних ситуацій;

7) документи, що встановлюють обов'язки капітана судна щодо: забезпечення безпечної експлуатації суднового екіпажу судна; видання необхідних наказів та інструкцій з метою забезпечення безпечної експлуатації судна; перевірки виконання екіпажем судна вимог безпечної експлуатації судна; своєчасної передачі повідомлень судновласнику про недоліки системи управління безпекою;

8) документи, що підтверджують повноваження капітана судна, в тому числі виключні повноваження і відповідальність щодо збереження життя, здоров'я людей, забезпечення безпечної експлуатації судна і запобігання забрудненню навколишнього середовища;

9) програми навчань екіпажу судна по діям в умовах аварійної ситуації;

10) порядок ознайомлення членів екіпажу судна, прийнятих на роботу або призначених на судно, зі своїми обов'язками до виходу судна в рейс;

11) порядок ознайомлення працівників судновласників при прийомі на роботу і переведення на іншу роботу з покладеними на них обов'язками в частині забезпечення безпечної експлуатації суден і запобігання забрудненню навколишнього середовища;

12) порядок планування рейсу судна і забезпечення безпеки його плавання;

13) заходи щодо забезпечення надійності механізмів, пристроїв, обладнання суден, в тому числі регулярні перевірки механізмів, пристроїв, обладнання, які не використовуються постійно;

14) порядок проведення перевірок ефективності системи управління безпекою та при необхідності її перегляду.

Судно повинне мати Суднове свідоцтво про управління безпекою, яке видається організацією, уповноваженою на класифікацію й огляд суден. Термін дії Суднового свідоцтва про управління безпекою - 5 років з щорічним підтвердженням.

В процесі експлуатації суднової СУБ можуть виникнути непередбачені структурою суднової СУБ випадкові горизонтальні зв'язки. Такі зв'язки виникають при частковій відсутності у начальників суднових служб спільності інтересів в частині надання судну загального стану безпеки, рис1.

Такі зв'язки, маючи тимчасовий характер, будуть неминуче виникати при розподілі і перерозподілі ресурсів для суднових служб, а також заохочень за ефективність діяльності цих служб.

Дійсно, з одного боку, начальники суднових служб розглядатимуть діючі норми розподілу і перерозподілу ресурсів через призму експлуатаційної безпеки всього судна в цілому. З іншого боку, природним бажанням будь-якого начальника суднової служби буде прагнення більшої ресурсозабезпеченості саме своєї служби. Саме такі суперечності начальників суднових служб і забезпечують виникнення та існування тимчасових горизонтальних зв'язків, на яких реалізуються відносини конкурентності.

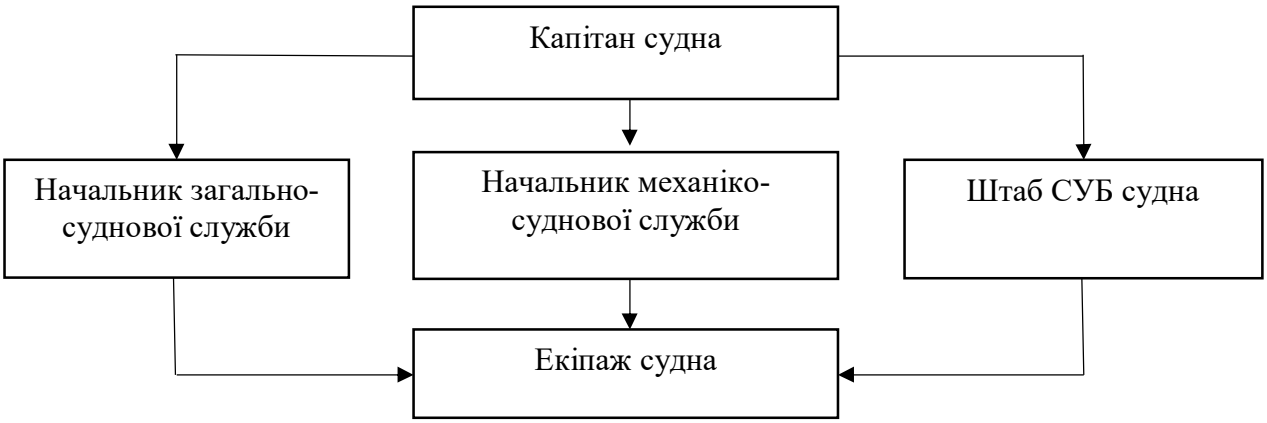


Рисунок 1 – Структура суднової системи

При цьому бажання вирішити конфлікт на свою користь може привести до того, що начальник суднової служби буде спотворювати на користь своєї служби дані в доповідях капітану про результати діяльності і тим самим знижувати ефективність функціонування інтелектуальних вертикальних зв'язків в судновій СУБ. Очевидно, що введенням капітаном в цільові функції начальників суднових служб «досить сильних штрафів» за спотворення інформації про діяльність суднових служб можна забезпечити достовірність повідомлень, які надходять капітану по зворотним вертикальним інтелектуальним зв'язкам, передбаченим структурою суднової СУБ.

Висновки

Аналізуючи вимоги **до СУБ компанії та СУБ судна** можна зробити наступні висновки:

- на значення параметрів ефективності функціонування **суднових СУБ** впливають технічні, організаційні, соціальні та інші фактори, але їх зміна має загальну закономірність, яка може бути визначена по ймовірності відсутності появи невідповідностей в СУБ компанії;

- зростання рівня ефективності **СУБ компанії** залежить від:

а) змін в технічному стані суден, які накопичуючись, викликають зростання або зниження кількості невідповідностей (раптові і катастрофічні зміни можуть привести до гіршого стану безпеки окремих суден і викликати стрибкоподібну зміну стану ефективності СУБ компанії, яка вже не допустить цю систему до використання для управління як технічними засобами суден, так і організаційно-технічної системою в цілому);

б) протиріч начальників суднових служб, виникнення та існування тимчасових горизонтальних зв'язків на основі конкурентності, бажання вирішення конфліктів і спотворення даних на користь своєї служби.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Позолотин Л.А. Система управления безопасностью (СУБ) - Одесса: Астропринт, 2007. - 286 с.

2. Туркин В. А. Управление безопасной эксплуатацией судов на основе анализа риска / В. А. Туркин // Безопасность жизнедеятельности. - 2003. - № 8. - С. 21-26.

3. Фаустова О. Г. Методика оценки рисков возникновения чрезвычайных ситуаций в мультимодальных перевозках / О. Г. Фаустова // Вестник Астраханского государственного технического университета. - Серия: Морская техника и технология. - 2014. - № 1. - С. 109-116.

4. Kristiansen S. Maritime Transportation: Safety Management and Risk Analysis / S. Kristiansen. - Elsevier, 2010. - 508 p.

5. Kobyliński L. Risk analysis and human factor in prevention of CRG casualties / L. Kobyliński // Trans Nav the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. - 2009. - № 3 (4). - P. 443-448.

6. IMO Maritime Safety Committee: Interim Guidelines for the Application of Formal Safety Assessment («Временное руководство по применению формальной оценки безопасности»): MSC Circular 829. - London, 1997. - 45 p.

УДК 629.543+ 62-621.2

Козьміних М.А., Чепіль О.О.
Національний університет «Одеська морська академія»

Аналіз можливостей використання етану в якості палива суднових двигунів

Посилення екологічних норм і зростання цін на традиційні види суднового палива є основними рушійними силами для використання природного газу як палива на водному транспорті. Найбільший екологічний збиток від викидів шкідливих речовин, що утворюються в камері згорання поршневих двигунів, доводиться на оксиди азоту (NOx), основну масу яких складає моноксид азоту (NO) [1]. Застосування природного газу дозволяє практично повністю виключити викиди сірки, істотно скоротити викиди оксидів азоту і вуглецю, а також твердих часток.

За оцінками класифікаційного співтовариства DNV-GL до 2020-го року розмір газоходних флоту збільшиться до 1000 суден [2].

Спочатку газове паливо на водному транспорті знайшло практичне застосування на метановозах, де безперервно випаровується вантаж, який доцільно використовувати як паливо енергетичної установки. Однак, існує принципова різниця використання природного газу в якості палива на метановозах, де в основному використовують пари вантажу, і на газоходах, де СПГ відбирають з нижньої частини танка, а потім газифікують.

На сьогоднішній день реалізовані дві технології спалювання газового палива в суднових малооборотних двигунах, які зручно класифікувати по тиску подачі газу в циліндр.

Подача газу під високим тиском здійснюється при положенні поршня поблизу верхньої мертвої точки (ВМТ) і реалізована в двигунах MAN B & W серії ME-GI (marine electronic gas injection). Подача здійснюється через дві

окремі газові форсунки, розташовані в кришці циліндра. Для досягнення критичного перепаду тисків на газовій форсунки і в камері згоряння (КС) тиск в газопроводі має становити 150-250 кгс/см2 (в залежності від навантаження). Температура кінця такта стиснення складає 500-600°С, що є недостатнім для надійного запалення метану, з огляду на його високу температуру самозаймання (600°С), у зв'язку з чим перед подачею газового палива необхідна подача малої дози запального палива.

Технологія подачі газу під низьким тиском заснована на спалюванні збіднених газоповітряних сумішей та реалізована в двигунах Wärtsilä XDF і RT-flexDF. Газ подається в циліндр, за допомогою двох гідравлічно керованих форсунок, розташованих в «середній» частині втулки циліндра. В кінці такту стиснення газоповітряна суміш запалюється за допомогою форкамерного упорскування малої дози запального палива. З огляду на стиснення газоповітряної суміші двигуни схильні до детонаційного режиму горіння. Тому ступінь стиснення в двигуні знижена.

Згідно з Міжнародним кодексом з безпеки для суден, що використовують гази або інші види палива з низькою температурою спалаху, який набув чинності з 01.01.17 [4] танки запасу СПГ на борту газоходів можуть бути класу А, В, С (за класифікацією кодексу МКГ) або мембранними.

Для двигунів з низьким тиском подачі газу досить відцентрового криогенного насоса і випарника низького тиску, тоді як для двигуна з високим тиском необхідний насос високого тиску (НВД) плунжерного типу і відповідний випарник. Перевага системи низького тиску подачі газу в цьому випадку полягає в менших енергетичних витратах на стиск парів СПГ, в той час як для двигунів з високим тиском подачі газу необхідний багатоступінчастий компресор високого тиску поршньового типу [5].

Можливий перехід з метану на етан в якості палива вплине на більшість частин вантажно-паливної системи, що обумовлено властивостями розглядаємих речовин (таб.1).

Виробники газових двигунів використовують так зване метанове число для конкретизації вимог до якості газу. МЧ характеризує робочу тенденцію певного газу при використанні в газовому двигуні, що працює в процесі горіння. Чим менший МЧ газу, тим більш чутливим буде газ до процесу горіння.

Таблиця 1 - Порівняння властивостей метану та етану

	Метан CH_4	Етан C_2H_6
1.Температура кипіння (1бар, ºС)	-161.5	-88.63
2.Густина та агрегатний стан(газ, 0ºС)	0.717	1.35
3. Густина та агрегатний стан (рід.,1бар)	422	526
4.Критичний тиск (бар)	46.41	47.83
5.Критична температура (ºС)	-82.45	32.3
6.Температура самозаймання (ºС)	537	472

Необхідною умовою для забезпечення повної потужності двигуна, є здатність газоповітряної суміші протистояти тиску в середині камери згоряння, без попереднього запалювання, оскільки це породжує явище, відоме як «стукання», яке може спричинити шкідливі наслідки для двигуна. МЧ чистого метану

становить 100, тоді як МЧ етану дорівнює приблизно 43. Це робить етан природним чином більш чутливим до згаданого явища, ніж метан. Отже, щоб підтримувати постійний запас до його виникнення, при спалюванні етану необхідна робота двигуна при меншому навантаженні, ніж при використанні метану.

Можливість використання етану як палива відповідає стандартам IMO Tier III без необхідності застосування таких пристроїв як EGR або SCR, використовуючи при цьому як паливо СПГ і LEG. Двигуни забезпечені можливістю безперешкодного перемикання між скрапленим природним газом (СПГ), етаном (LEG), легким мазутом (LFO) або важким паливом (HFO).

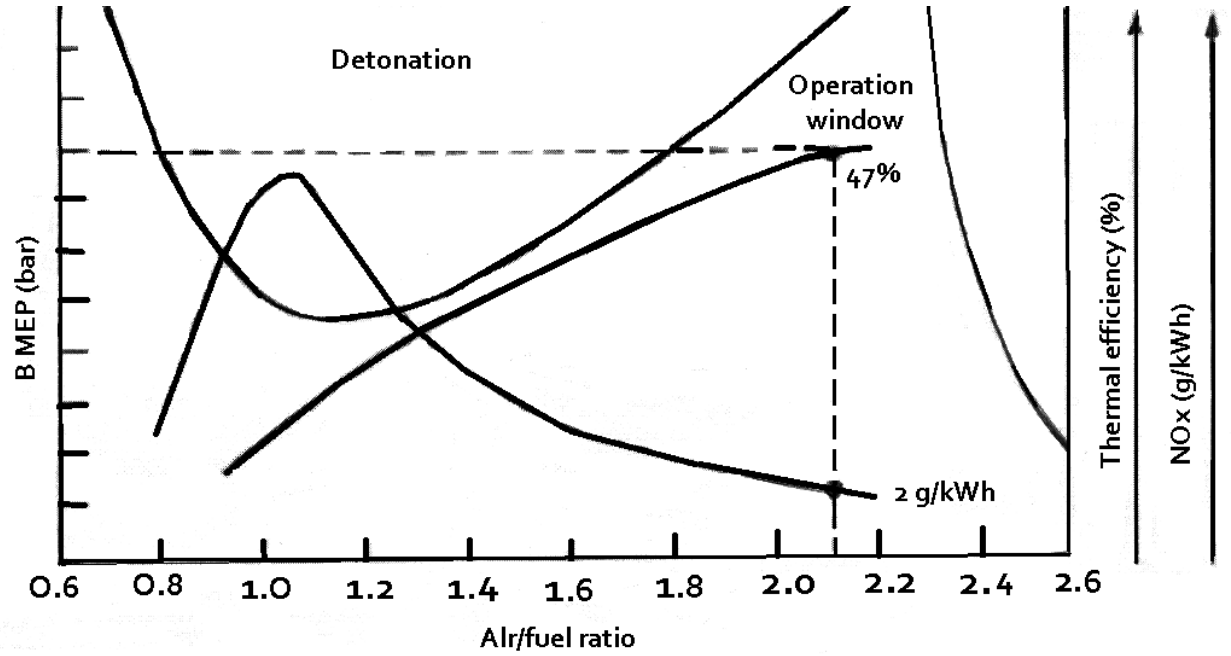


Рис.1 Діаграма створення горючих сумішей для етану

Додатковою перевагою є те, що для його роботи двигуна потрібен відносно низький тиск газу, в межах 5-10 бар. Альтернативні двигуни з двома паливами, що працюють за принципом газового дизеля, потребують тиску газу приблизно 300 бар для метану і навіть більш високого тиску при використанні етану,

Рішення по використанню метану потребує деяких модифікацій обладнання та зменшення потужності.

Початкове налаштування двигуна Wartsila передбачало можливість прийому газів, що мають метанове число вище 70, інакше потужність потрібно буде зменшити, щоб уникнути стуку. Чистий етан характеризується МЧ-43, який, за стандартними розрахунками зменшення, призведе до максимально можливої потужності в 63% від максимальної безперервної.

Оскільки цей варіант був визнаний занадто низькоефективним для гарантування нормальну роботиу судна, було прийняте рішення нового налаштування двигуна і налаштування параметрів горіння, для зменшення можливості самодетонації.

Після випробування та перевірки нової конфігурації мета забезпечення 73% номінальної напруги під час роботи на етані була досягнута з достатнім запасом запобігання удару. Двигуни мають можливість перемикатися між СПГ

або ЛЕГ на легке паливо або мазут без перерви в роботі. При роботі в рідкому режимі двигуни все ще здатні доставити 100% номінальної напруги.

Прикладом застосування етану в якості палива для головного суднового двигуна є JS NEOS Invention, найбільший у світі багатофункціональний газовоз, що використовується для перевезення американський сланцевого газу, а саме етану до Європи відповідно з довгостроковим планом інвестицій INEOS.

Сланцевий газ охолоджується до -90°C за перехід в 3800 миль, що, як очікується, займе дев'ять-десять днів. Передбачається що сланцевий газ з США компенсує скорочення постачання газу з шельфу Північного моря.

Підсумовуючи наявний практичний досвід та результати теоретичного аналізу використання етану в якості палива, можливо зробити наступні висновки:

1. Використання скрапленого етану в якості палива головних суднових двигунів є одним із варіантів досягнення найбільших довгострокових переваг в напряму скорочення викидів шкідливих речовин в атмосферу та запобігання парникового ефекту.

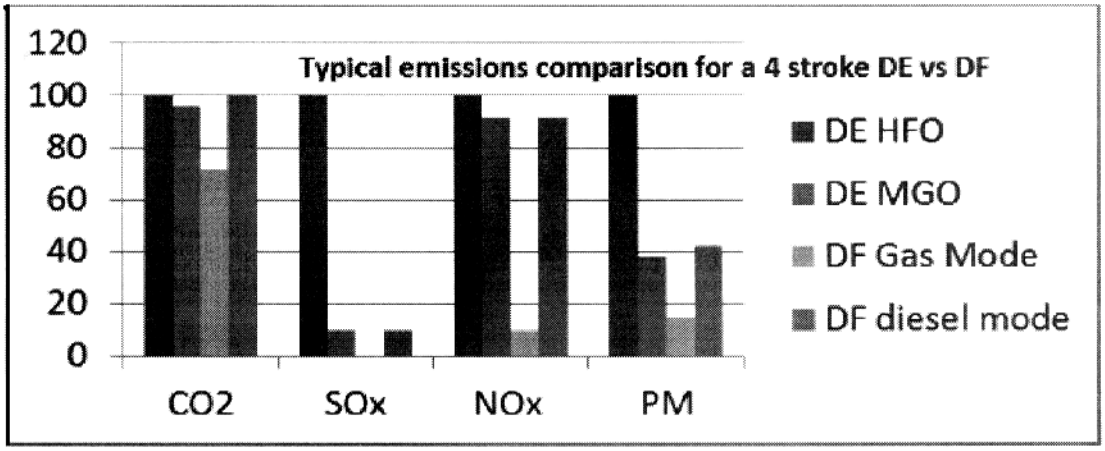


Рис 2. Порівняльна таблиця викидів звичайного ДВС з газодизелем:

*DE HFO – ДВС, який працює на важкому паливі

*DE MGO- ДВС, який працює на легкому паливі

*DF Gas Mode – газодизель, який працює на етані

*DF diesel mode – газодизель, який працює на легкому паливі

Спалювання етану як палива приносить ті ж переваги щодо дотримання викидів, як при використанні в двигунів з традиційним подвійним паливом (метаном). Слід також зазначити, що, враховуючи нинішній розвиток цін на етан, це може забезпечити досягнення нижчої ціни на пальне порівняно з метаном, особливо у випадку перевезення етану.

2. При використанні скрапленого етану підвищується економічність експлуатації СЕУ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Чепаліс І.В., Козьміних М.А., Повторне скраплення газів як метод стабілізації тиску в вантажних танках метановозів. НТЗ Суднові енергетичні установки. – Одеса: НУ «ОМА», 2014. – С. 41-47.

2. Тетенко В.Ю., Конструктивні та експлуатаційні особливості. пропульсивного комплексу LNG танкерів з газопаливним обладнанням. НТЗ «Суднові енергетичні установки». – Одеса: НУ «ОМА», 2019.
– С.169-177.
3. Козьміних М.А., Дулдіер О.П., Системи скраплення газу та вантажні системи суден-газовозів. Одеса: НУ «ОМА», 2018, - С.1-67.
4. Чепаліс І.В., Козьміних М.А., Особливості відновлення оксидів азоту в відпрацьованих газах суднових малооборотних двигунів. Технічні гази, - № 1. Одеса:НУ «ОМА», 2018. - С.44-47.
5. Чепаліс І.В., Козьміних М.А., Проблеми газоподачі в судових малооборотних двигунах. «Річковий та морський флот: експлуатація та ремонт». - Одеса: НУ «ОМА», 2018. - С.169-172.
6. Чепаліс І.В., Козьміних М.А., Удосконалення системи паливопідготовки середньооборотних газодизелей на судах метановозах. «Річковий та морський флот: експлуатація та ремонт». – Одеса: НУ «ОМА», 2017. -С.44-48.

УДК. 629.123

Ольшамовський В.С., Стоянов Д.О.
Національний університет «Одеська морська академія»

Перспективи використання ЕС −вентиляторів в суднових системах вентиляції і кондиціонування повітря

Енергетичні установки, що є на суднах, забезпечують їх рух, роботу суднових систем, життєдіяльність екіпажа і пасажірів. Функціонування таких установок надає вплив на довкілля і володіє своїми специфічними особливостями.Основним судновим джерелом забруднення довкілля є енергетична установка. На її долю доводиться близько 60–80 % всіх токсичних відходів. Це нафтовміщуючі води і викиди відпрацьованих газів дизельних двигунів.

Встановлено, що в газових викидах дизельних двигунів міститься більше 200 компонентів, причому 99÷99,9 % з них складають оксиди азоту (до 5 %), діоксид сірки (до 13 % перш за все із-за важкого високо-в'язкого мазуту, використовуваного як паливо), кисень, діоксид вуглецю і вода. Що залишилися 0,1÷1 % відносяться до токсичних компонентам. За останні роки кількість шкідливих речовин в атмосфері різко збільшується, що привело останніми роками до підвищення середньорічної температури оточуючого середовища. Всі ці зміни видно з нижче приведеного графіка.

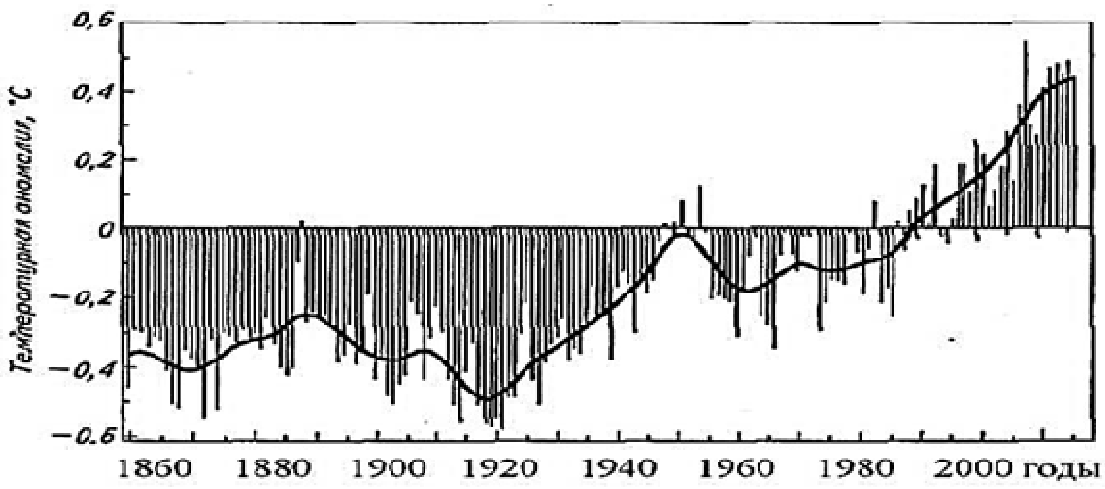


Рис. 1 Дані аналізу глобального зростання середньорокової температури земної кулі.

Не випадково захист довкілля і клімату від викидів морських суден грає велику роль, оскільки зростаюче судноплавне сполучення супроводиться збільшенням забруднення довкілля і негативним впливом на клімат і екологію. Зменшенню забруднення повітря відпрацьованими газами енергетичних установок в даний час приділяється велика увага. Європейський союз підписав Кіотський протокол, який зобов'язав знизити викиди в атмосферу діоксиду вуглецю−CO_2 до 2020 року мінімум на 20 %. Щоб досягти цієї мети, покликаної не допустити подальшої зміни клімату, ЄС прийняв директиву про продукти кінцевого енергоспоживання (EuP - Energy using Products-Directive), яка 2009 році була перейменована в директиву про продукцію, яка пов'язана з енергоспоживанням (ErP - Energy related Products-Directive).

Ця директива служить основою для визначення можливостей підвищення економічності різних об'єктів, пов'язаних з енергоспоживанням. У червні 2010 року були встановлені обов'язкові граничні показники ефективності для електродвигунів і вентиляторів, незалежно від того, чи працюють вони самостійно або є складовою часткою приладу, установки або системи. Під дію цих нормативів підпадають чисельні області застосування електродвигунів і вентиляторів, в тому числі і суднові системи вентиляції, холодильні установоки і системи кондиціонування повітря.

Фірмою "Ebm-papst" розроблена технологія " Green Tech EC" в якої виявляються сильні сторони для використання вентиляторів з електроприводом з зовнішним ротором. На відміну від вентиляторів, які використовують змінний струм, мотори Green Tech EC досягають коефіцієнта корисного дії вище 90 %.

EC-двигун - це безколекторний електронно - комутований двигун (Electronically Commutated). Його іноді також називають BLDC-двигуном (Brushless DC motor), тобто безщітковим двигуном постійного струму. Вентилятори, побудовані на базі даного двигуна, називаються EC-вентиляторами.

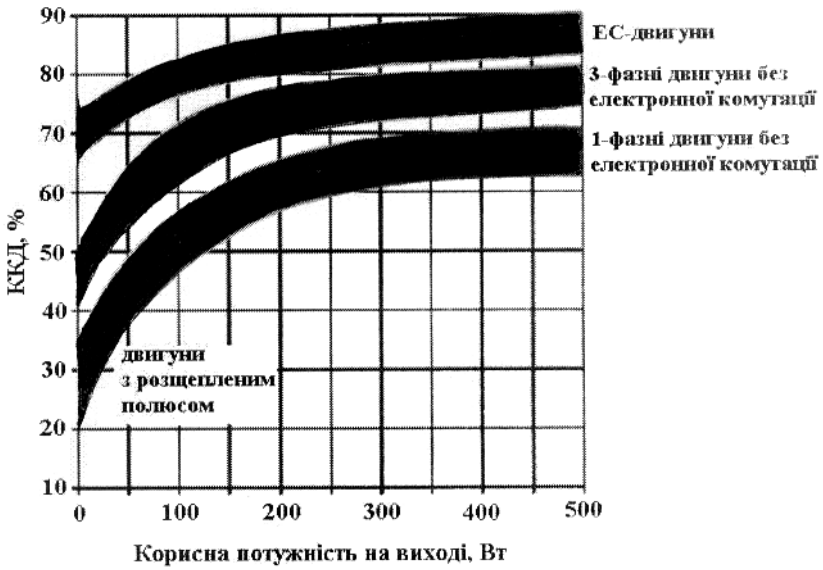


Рис.2 Графік зміни ККД вентиляторів с різними двигунами.

ЄС-двигун має зовнішній ротор, в якому розташовуються сегменти з постійними магнітами. Управління обертанням ротора ЄС-двигуна здійснюється за рахунок контрольованої подачі електроенергії на обмотку статора залежно від положення ротора, яке відстежується за допомогою датчиків Холла, а також заданих параметрів регулювання, що надходять, наприклад, від зовнішніх датчиків відповідного типу у вигляді струмових (4÷20 мА) або потенційних (0÷10 В) сигналів. При цьому вбудований PID-регулятор дозволяє, поряд з пропорційним управлінням, встановлювати швидкість реагування двигуна на зміну керуючого сигналу в залежності від його диференціальних і інтегральних показників. ЕС-двигун в розрізі представлений на рисунку 3.

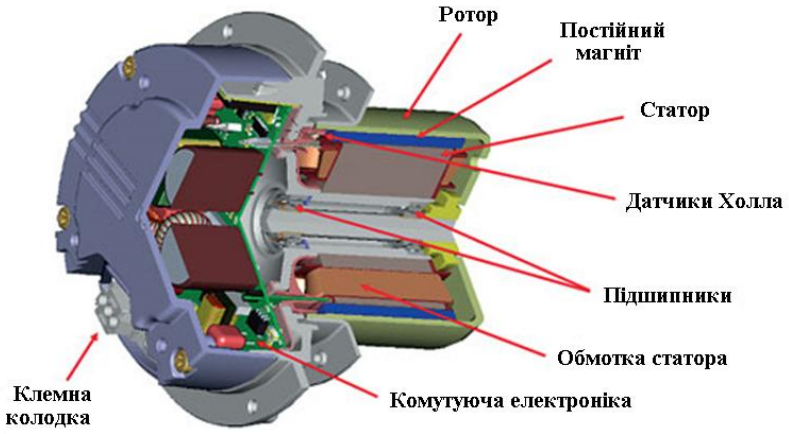


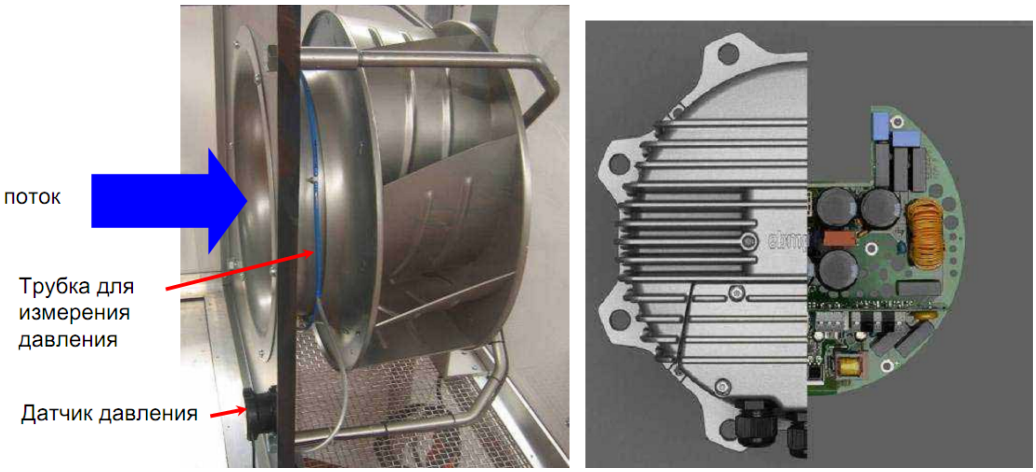
Рис.3 Конструкція енергозберігаючого ЕС-двигуна

Принцип роботи ЕС-двигуна заснований на тому, що в полі, яке створюється вбудованими в ротор постійними магнітами, виконується управління вектором магнітного поля шляхом зміни напрямку струму в обмотке статора. У кожен момент часу контролер обчислює і подає на обмотку статора полярність струму, яка необхідна для того, щоб забезпечити безперервне обертання ротора із заданою швидкістю. Оскільки ротор ЕС-двигуна є зовнішнім з постійними магнітами, в ньому відсутні теплові втрати, неминучі у разі короткозамкнутого ротора асинхронного двигуна. Звідси високий ККД, що досягає 80-90%.

На рисунку 2 наводиться порівняння ККД двигунів різного типу, серед яких ЄС-двигун характеризується рекордними значеннями в широкому діапазоні корисної потужності на виході.

ЕС-двигуни можливо підключати до постійного джерела напруги згідно параметрам або через вбудований комутаційний модуль безпосередньо до мережі змінного струму (220 В, 380 В) з використанням стандартного приладового інтерфейсу RS 485 або спеціальної шини ebm BUS які забезпечують можливість управління вентилятором (або групою вентиляторів до 31 шт. у кожній) за допомогою ПК або КПК. В електродвигуні передбачена видача тривожних і аварійних сигналів, а також забезпечення моніторингу роботи системи.

Слід зазначити, що при роботі ЕС-двигун практично не виділяє тепла, в той час як АС-мотор має робочу температуру + 35 ... + 75 ° С, що накладає додаткове теплове навантаження на контур охолодження. При цьому ЕС-двигуни без додаткового перегріву забезпечують свою працездатність в широкому діапазоні температури зовнішнього середовища. За даними Ebm Papst температура розігріву працюючого ЕС-двигуна на підставі проведеного тестування не перевищує +45 °С. Максимально і мінімально допустимі температури експлуатації ЕС-двигуна складають відповідно від мінус 20 ºС до 75°С. Особливо важливим для систем вентиляції та технологічного і комфортного кондиціонування є те, що вони повинні безперервно забезпечуватися гарантованим підпором повітря, Зазначені значення повинні підтримуватися незалежно від мінливих обставин (відкриття дверей, робота обладнання та т. д.) А витяжні системи вентиляції повинні безперервно забезпечуватися гарантованим розрідженням. У першому випадку це досягається превалюванням припливу над витяжкою, а в другому - превалюванням витяжки над припливом, що забезпечується регулюванням витрат повітря за показаннями зовнішніх пресостатів, контролюючих перепад тиску в вентиляторі.



а б

Рис. 4 Вентилятор с контролем повітряного потоку – а, и блок керування електродвигуном вентилятора - б

Робота контролерів в цих випадках здійснюється за показаннями не двох, як зазвичай, датчиків (термостат і гигростат), а трьох датчиків, в число яких

входить також прессостат. Останній працює в ланцюзі управління ЕС-двигунами. Компактність, низьке енергоспоживання, плавне і точне регулювання, низький рівень шуму, відсутність вібрації, узгодженість з рабочим колесом по аеродинаміці і потужності, а також ряд інших особливостей ЄС-двигунів є причиною все більш зростаючого інтересу до них.

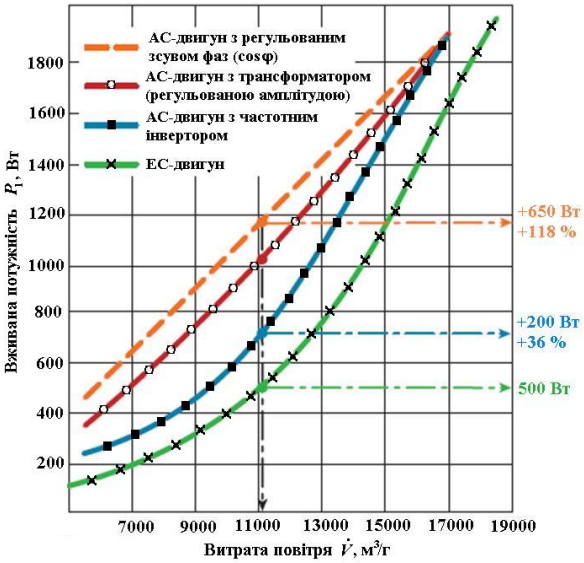


Рис.5 Регулятор тиску з вбудова- Рис.6 Зміна споживаної потужності
ним датчиком тиску з різними типами двигунів

Таким чином вдається досягти помітної економії енергії в порівнянні з традиційними моторами змінного струму. Крім цього, швидкість обертання ЕС вентиляторів може регулюватися в залежності від конкретної потреби. А це має додаткову позитивну сторону: значне підвищення енергозбереження. Перевага в габаритах обумовлено тим, що ЕС-двигуни, є більш компактними в порівнянні з АС-двигунами, повністю вписуються в габарити крильчатки вентилятора, забезпечуючи прямий привід, в той час як вентилятори з АС-двигунами займають значно більше місця,

Завдяки досконалої взаємодії мотора, електроніки і аеродинаміки, вентилятори ЕС вражають не тільки своєю енергоефективністю, а й працюють виключно тихо, це забезпечує система електронної комутації і обтічна конструкція вентилятора, що обертається. Додаткові плюси - це велика надійність і довговічність.

ВИСНОВКИ

Переваги використання ЕС – вентиляторів заключаються в наступному:

- ЕС- вентилятори мають підвищені технічні характеристики −підвищену потужність і ККД при менших габаритах;

- ЕС-вентилятори не створюють додаткового шумового навантаження при регулюванні швидкості обертання, рівень звукового тиску зменшується на 6 дБ в порівнянні із старими моделями;

- ЕС-вентилятори вигідно відрізняються додатковим захистом від перегрівання електроніки і двигунів вентиляторів, а також захистом від блокування ротора, втрати фази і різких стрибків напруги, забезпечуючи безперебійну роботу як в несприятливих умовах довкілля, так і при збоях електроживлення;

- ЕС- вентилятори завдяки вбудованому захисту по електроживленню мають високий моторесурс, що становить більше 80 000 годин;

- ЕС- вентилятори можна комутувати з Modbus, таким чином, спростивши дистанційний контроль над експлуатаційними параметрами вентиляторів;

- нові ЕС- вентилятори підвищують ефективність роботи теплообмінників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вишневский Е. П., Чепурин Г. В. Новые европейские стандарты в области ОВК // Сантехника, Отопление, Кондиционирование (С.О.К.) – 2010. – № 2.
2. ЕС-вентиляторы в тепловых насосах // Сантехника, Отопление, Кондиционирование (С. О.К.). – 2008. – № 6.
3. ЕС-вентиляторы для овощехранилищ и грибных камер // Сантех ника, Отопление, Кондиционирование (С.О.К.). – 2010. – № 1.
4. Канальный вентилятор и его привод. Анализ тенденций развития.
5. Р. К. Эсманский, ООО «КлиматВентМаш»
4. EBMPAPST ЕС- вентиляторы. Управление с помощью регулятора
6. давления. Каталог вентиляторов. 25 с.

УДК 621.346

Бузовський В.А., Орудін М.О.
Національний університет «Одеська морська академія»

Хімічна обробка суднових палив

Ефективність і економічність роботи транспортних суден прямо залежить від витрат на паливо, частка яких в загальних фінансових витратах на експлуатацію судна займає перше місце [1]. Оптимізація витрат палива і підвищення ефективності його використання за рахунок активації його енергетичних характеристик сприяє збільшенню функціонування всієї пропульсивної установки.

Відповідно до стандарту на паливо DIS DP-8217, розробленого міжнародною організацією по стандартизації ISO, в суднових двигунах внутрішнього згоряння використовуються два сорти дистилятного палива – чисте дизельне паливо DMB і змішане паливо DMC, а також очищене паливо RM. Важкі сорти мають більш низьку вартість в порівнянні з легкими, що визначає їх використання в суднових дизелях для скорочення фінансових витрат на придбання палива. Також необхідно відзначити, що важкі сорти палив застосовуються для забезпечення роботи суднових дизелів на всіх режимах роботи, в тому числі на режимах пуску та реверсування. Надійна експлуатація дизелів в таких умовах неможлива без процесу паливопідготовки. Підготовка палива до використання в суднових дизелях проводиться комплексно, починаючи з прийому палива на судно і закінчуючи його подачею в циліндр двигуна [2].

На даний момент конструктивне і технологічне виконання суднових двигунів внутрішнього згоряння досягло своєї досконалості, що забезпечує мінімальні питомі витрати палива даних типів теплових двигунів в порівнянні з іншими (паровими котлами та газовими турбінами). Тому хімічна обробка палива (або використання присадок до палива) вважається одним із шляхів підвищення паливної економічності дизелів.

Вивченню впливу паливних присадок на характеристики теплових двигунів присвячена велика кількість робіт, при цьому питання використання присадок розглядаються навіть у таких енергоємних і відповідальних областях енергетики, як ядерна.

Присадки до суднових палив в даний час набули досить широкого поширення на суднах, однак результат їх застосування не завжди отримує однозначну оцінку. Це пов'язано з різними причинами, які, перш за все, залежать від характеристик суднового дизеля і елементів його паливної системи, а також від забезпечення правильної технології використання присадок.

У зв'язку з цим метою дослідження було визначення впливу паливних присадок на енергетичні, економічні та екологічні параметри роботи суднового двигуна внутрішнього згоряння.

Застосування паливних присадок особливо актуально для допоміжних двигунів, які є приводами електричних генераторів. Дані типи двигунів характеризує підвищена (в порівнянні з головними двигунами) частота обертання колінчастого вала, а також безперервна робота в складі суднової електростанції (як на ходових, так і на стоянкових режимах експлуатації судна). Перше (підвищена частота) скорочує час впорскування палива, друге (робота під час стоянок в акваторії морських портів) накладає додаткові вимоги щодо забезпечення екологічних показників роботи двигунів.

Дослідження в умовах морського судна дедвейтом 51187 тонн були проведені в паливній системі дизеля 6N21L фірми Yanmar. До складу суднової енергетичної установки входило три названих дизеля, що використовуються в якості дизель-генераторів. Це дозволило два дизеля використовувати для проведення експериментів, а один залишати в якості «контрольного». Схема паливної системи дизелів наведена на рис.1. З метою забезпечення експерименту паливна система була дообладнана витратоміром 3 і дозатором присадки 4. Така організація подачі присадки в паливну систему забезпечувала необхідну дисперсію і рівномірний рівень її розчинення в паливі [3].

Двигуни при дослідженнях працювали в паралельному режимі, що дозволяло підтримувати однакове навантаження як на «експериментальних», так і на «контрольному» дизелі. Її величина становила Ne=300...600 кВт при номінальній потужності дизель-генераторів Nenom=680 кВт. Потужність дизелів Ne визначалася за виразом Ne=Ng/ηg (де Ng – потужність генератора, кВт, ηg – коефіцієнт корисної дії генератора). Значення Ng знімалася з ватметра, розташованого на панелі управління дизель-генератора, а величина ηg приймалася з паспортних характеристик дизель-генератора і становила ηg=0,915. Для розрахунку величини питомої ефективної витрати палива be по

вимірнику рівня (позиція 7 на рис.1), розташованому на кожній витратної цистерні (позиція 8 на рис. 1) визначалася поточна витрату палива Gпал.

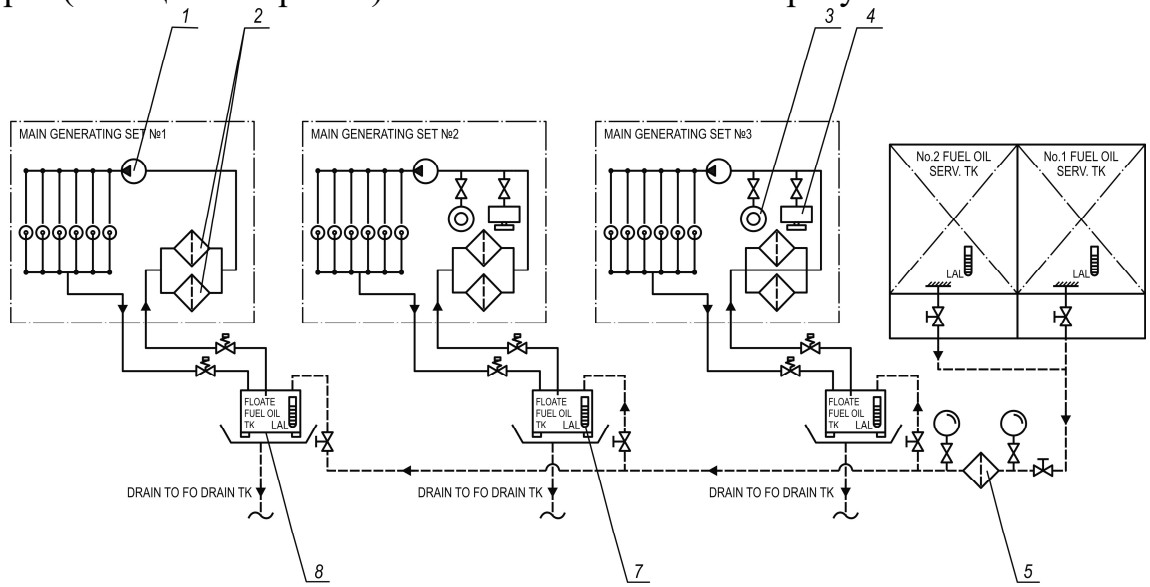


Рис. 1. Судова паливна система (фрагмент):
1 – паливний насос високого тиску; 2 – паливні фільтри тонкого очищення;
3 – витратомір; 4 – дозатор присадки; 5 – паливний фільтр грубого очищення;
7 – вимірювач рівня; 8 – витратна цистерна

Рівень дозування присадок варіюється в широких межах і залежить від призначення присадки і характеристик паливної системи, в якій вона використовується. Оптимальний діапазон дозування присадки визначається експериментально, в зв'язку з цим при дослідженнях вибиралися такі співвідношення присадки і базового палива – 1:2000, 1:3500, 1:5000, 1:6500 і 1:8000. При цьому найменше значення питомої ефективної витрати палива було отримано при концентраціях 1:3500 і 1:5000, які і були прийняті для подальших досліджень. Графічні залежності питомої ефективної витрати палива be дизеля 6N21L від його відносної потужності Ne/Nenom для різних концентрацій присадки в паливі показані на рис. 2 [4].

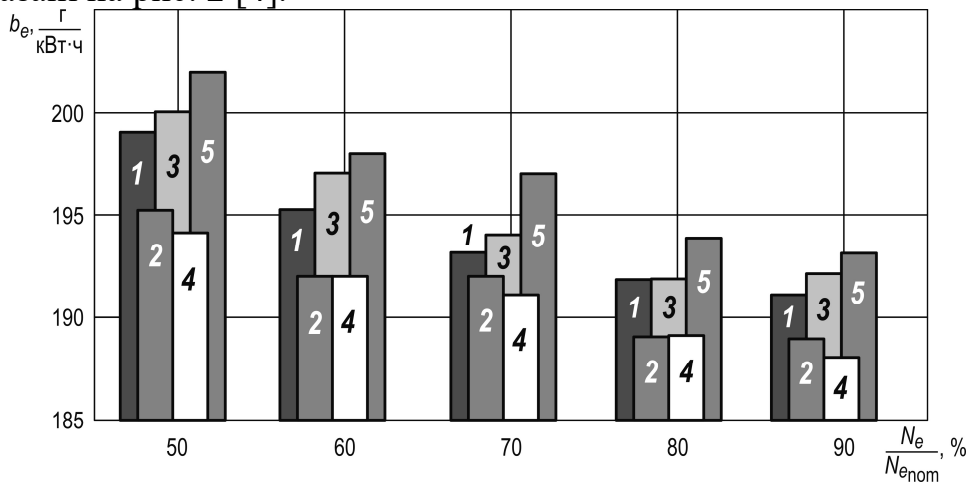


Рис. 2. Залежності питомої ефективної витрати палива b_e дизеля 6N21L від його відносної потужності $N_e/N_{e\text{nom}}$ для різних концентрацій присадки в паливі:
1 – 1:2000; 2 – 1:3500; 3 – 1:6500; 4 – 1:5000; 5 –1:8000

Експериментально отримані результати, що підтверджують зниження питомої ефективної витрати палива при використання присадок до палива, свід-

чать про інтенсифікацію процесу сумішоутворення і згоряння. При цьому відзначимо, що для різної концентрації присадки в базовому паливі спостерігається різне значення зниження питомої ефективної витрати палива.

Однією з характеристик, що визначають як якість протікання робочого циклу в циліндрі дизеля, так і ступінь теплової напруженості його деталей, є температура газів на виході з двигуна. Найбільш часто її вимірюють в випускний магістралі після газотурбонагнетача. На рис. 3 показані залежності усередненої по всіх циліндрах температури газів на виході з дизеля tвг від його відносної потужності Ne/Nenom. Вимірювання виконувалися як для «контрольного» дизеля, так і «експериментальних» дизелів, які працювали на паливі з оптимальної концентрації присадки (1:3500 і 1:5000).

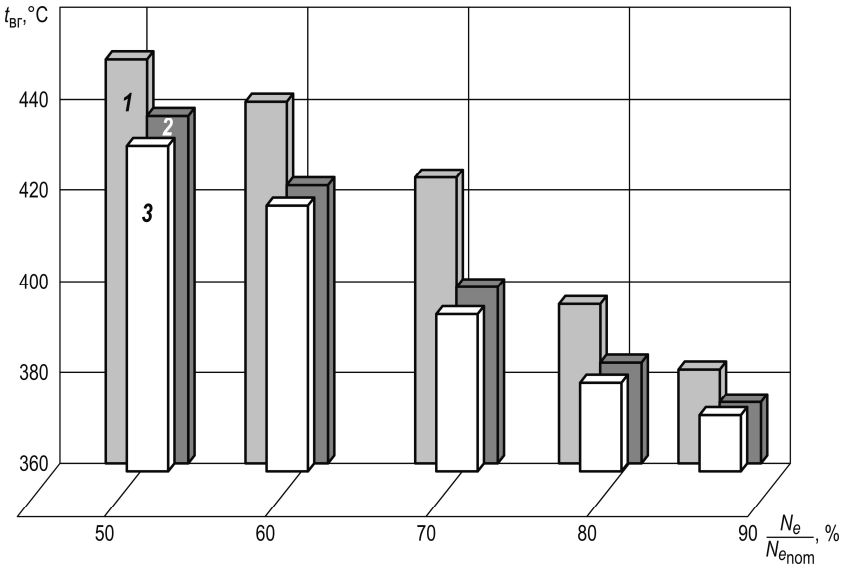


Рис. 3. Залежність усередненої температури випускних газів $t_{вг}$ по циліндрах дизеля 6N21L від його відносної потужності $N_e/N_{e\text{nom}}$:
1 – «контрольний» дизель; 2 – «експериментальний» дизель (концентрація присадки 1:3500); 3 – «експериментальний» дизель (паливо з концентрація присадки 1:5000)

Як видно з рис. 3, застосування присадок до палива сприяє зниженню температури газів на виході з дизеля, що свідчить про більш повне згоряння палива і максимальне використання теплової енергії газів в циліндрі [5].

Також слід зазначити менше відхилення температури газів по циліндрах дизеля від його усередненого значення tcp при використанні присадки до палива. Так, для «контрольного» дизеля (при значенні відносної потужності дизеля Ne/Nenom=78%) при величині tcp=397° С цей параметр склав $\Delta t_{\text{ср}}^{+}$=13°С, $\Delta t_{\text{ср}}^{-}$=10°С, а для одного з «експериментальних» при tmid=380°С – $\Delta t_{\text{ср}}^{+}$=8°С, $\Delta t_{\text{ср}}^{-}$=6°С (рис. 4).

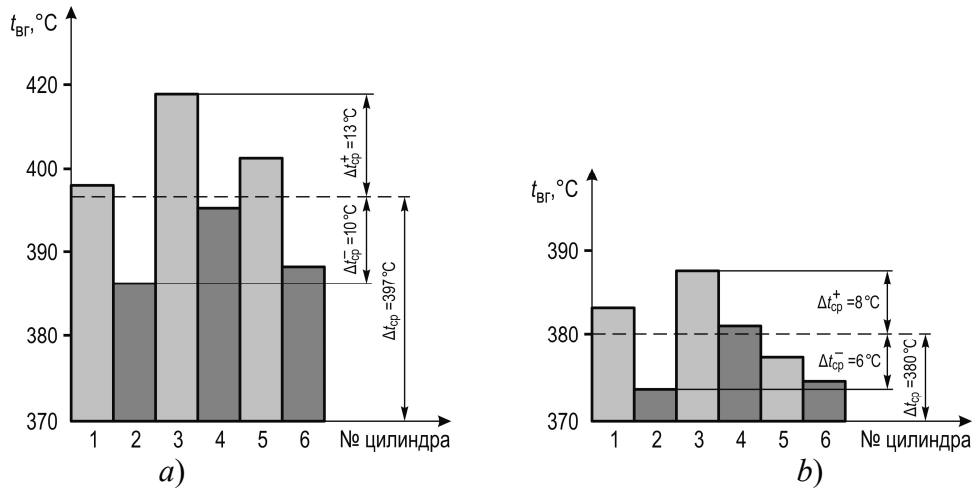


Рис. 4. Неузгодженість температури випускних газів $t_{вг}$ по циліндрах суднового дизеля 6N21L при різних умовах проведення експерименту:
a) «контрольний» дизель (без використання паливної присадки);
b) «експериментальний» дизель (при використанні паливної присадки)

Наведені результати дозволяють зробити наступні висновки.

1. Хімічна обробка палива призводить до підвищення паливної економічності суднового дизеля. Наприклад, при цьому на різних режимах роботи суднового чотиритактного дизеля можливо досягти зниження питомої витрати палива від 3,5 до 5,8 %.

2. Максимальне підвищення паливної економічності відбувається в діапазоні 50...60 % навантаження дизеля, тобто режимів, що характеризуються найбільшим експлуатаційним періодом роботи, а також підвищеної теплової напруженістю. Використання паливних присадок не тільки знижує загальні витрати палива, але і сприяє зниженню температури випускних газів на 3,3...7,2 % і зменшує її відхилення по циліндрах дизеля, вирівнюючи таким чином теплове навантаження по окремих циліндрах.

3. Застосування присадок до палива сприяє поліпшенню технічного стану деталей циліндропоршневої групи дизеля і його газовипускної системи і на 20...25 % знижує трудомісткість робіт на проведення моточісткі дизеля.

4. Концентрація присадки має оптимальне значення, визначається експериментально і залежить від характеристик дизеля і використовуваного палива.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сагін С. В. Зниження енергетичних втрат в прецизійних парах паливної апаратури суднових дизелів / С. В. Сагін // Суднові енергетичні установки : наук.-техн. зб. Вип. 38. – Одеса : НУ «ОМА», 2018. – С. 139-149.

2. Спиркин В.Г. Экологические проблемы применения топлив с присадками / В.Г. Спиркин, И.И. Ткачев, П.А. Татарышкина // Вестник национального авиационного университета. – 2009. – Т. 1. – № 38. – С. 68-79.

3. Заблоцький Ю. В. Зниження теплової напруженості суднових дизелів за рахунок використання присадок до палива / Ю. В. Заблоцький // Суднові енергетичні установки : наук.-техн. зб. Вип. 38. – Одеса : НУ «ОМА», 2018. – С. 76-87.

4. Zablotsky Y. V. The use of chemical fuel processing to improve the economic and environmental performance of marine internal combustion engines / Yu. V. Zablotsky // Materials of the International Conference “Scientific research of the SCO countries: synergy and integration”. Part 1. August 31, 2019. Beijing, PRC. – P. 131-138. DOI. 10.34660/INF.2019.15.36257.

5. Zabloysky Yu. V. Enhancing Fuel Efficiency and Environmental Specifications of Marine Diesel When using Fuel Additives / Yu. V. Zabloysky, S. V. Sagin // Indian Journal of Science and Technology. – 2016. – Vol 9(46). – P. 353-362. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i46/107516.

УДК 621.867.2(045)

Дрозд О.В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Особливості технічного обслуговування суднових стрічкових конвеєрів

Останнім часом у зв'язку з інтенсифікацією перевантажувальних робіт в морських портах і застосуванням передових технологій в перевантажувальних комплексах для навалочних вантажів виникає необхідність підвищення продуктивності і надійності роботи суднових стрічкових конвеєрів [1].

Тривалість експлуатації суднового стрічкового конвеєра залежить від ряду факторів: експлуатаціонних навантажень, конструктивних особливостей, грамотної організації обслуговування і ремонту.

На практиці міжремонтні терміни плануються, виходячи з календарного часу єксплуатації, при цьому не завжди враховується фактичне напрацювання і інтенсивність навантажень. Несвоєчасна заміна зношених деталей збільшує ймовірність аварійних ремонтів.

Надійність роботи суднового стрічкового конвеєра багато в чому залежить від якості його збірки. Спочатку монтують приводную станцію конвеєра, приділяючи особливу увагу надійному її закріпленню. Потім монтують конвеєрний став і хвостову частину конвеєра. При цьому стежать за тим, щоб конвеєр не мав різких перегинів у вертикальній площині, що викликають підвищений знос стрічки. Абсолютно неприпустимі вигини осі конвеєра в плані, так як при цьому стрічка буде постійно сходити в сторону і порушувати роботу конвеєра. При монтажі роликоопор необхідно дотримуватися умови: зміщення середини ролика від поздовжньої осі конвеєра повинно бути не більше 5 мм, а биття роликів при швидкості 3,15 м / с не більше 0,015 зовнішнього діаметра ролика. Після закінчення монтажу става і кінцевий станції приступають до навішування конвеєрної стрічки відповідно до схеми її запасування на конвеєрі.

При монтажі конвеєра для його огляду, ремонту і проходу людей між стійками і конвеєром передбачають зазори не менше 0,4 м з одного і 0,7 м з іншого боку.

Пуск конвеєрів в хід слід починати в ненавантаженому стані, щоб виключити перевантаження електродвигуна і пробуксовку стрічки. Зупинку конвеєра

роблять тільки після сходу з стрічки всього вантажу. Виняток становлять аварійні випадки.

Огляд конвеєра і перевірку роботи роликів проводять не рідше одного разу на добу. Щомісяця повинен проводитися профілактичний ремонт з плановою заміною мастила конвеєра.

При таких несправностях, як ненормальні шуми в редукторі приводу, пориви стрічки, децентрірованність стрічки, ослаблення кріплення підшипників барабанів, поломка зупинників і гальм, витік мастила з редуктора і муфти, несправність очисних пристроїв проводять термінову зупинку конвеєра.

Правила експлуатації конвеєрів [2] регламентують:

стежити за правильністю ходу стрічки, очищенням приводної станції і роботою всіх роликоопор, цілістю стрічки і в першу чергу вузлів її сполуки;

регулювати натяг стрічки і не допускати її провисання між роликами;

не проводити змащення і ремонт робочого конвеєра.

Основними причинами сходу стрічки в бік є:

нецентральне завантаження вантажу на стрічку;

перекіс верхніх і нижніх роликоопор;

неправильне стикування стрічки;

викривлення осі става конвеєра.

Якщо виключені зазначені вище порушення, а стрічка все-таки йде в бік, то по довжині става цих ділянок встановлюють бічні прогумовані ролики через кожні 10-20 м по обидва боки стрічки.

З метою зменшення коливань уздовж поздовжньої осі його приводний ролик повинен знаходитися на відстані близько 250 мм від опорного горизонтального ролика конвеєра.

При експлуатації і обслуговуванні стрічкових конвеєрів необхідно дотримуватися таких основних правил безпеки.

У приводних і натяжних головок, у розподільних пристроїв і через кожні 100 м по довжині конвеєра повинні бути встановлені два вогнегасники та ящик з піском.

Щоб уникнути травмування обслуговуючого персоналу приводи конвеєрів повинні бути огороджені.

Стрічкові конвеєри слід обов'язково обладнати пристроями проти сходу стрічки в бік і пристроями автоматичної зупинки конвеєра з будь-якої точки по його довжині.

У місцях навантаження вантажу на конвеєр і перевантаження, де спостерігається сильне пилоутворення, для осадження пилу застосовують зрошення водою за допомогою форсунок.

Схема автоматизації стрічкових конвеєрів повинна забезпечувати:

подачу звукового сигналу перед пуском;

підготовку до пуску після відключення;

подачу сигналу про причини зупинки на пульт управління;

аварійне відключення конвеєра (при несправності електродвигуна і механічної частини конвеєра, тривалому пуску конвеєра, несправності ланцюгів

управління, завалі перевантажувального пристрою, пробуксовування стрічки, сході стрічки в бік).

Схемою повинен бути передбачений переклад управління будь-яким конвеєром з автоматичного на місцеве зі збереженням автоматичного управління іншими конвеєрами; блокування роботи конвеєрної лінії з роботою вантажного пункту.

Для контролю роботи конвеєра встановлюють ряд датчиків: швидкості, контролю сходу стрічки, температури приводного барабана, пошкоджень тросів гумотросових стрічок, контролю завалу перевантажувального пристрою.

Сумарне напрацювання стрічкового конвеєра від початку експлуатації до переходу в граничний стан визначає його ресурс і тісно пов'язане з терміном служби.

На фактичний ресурс впливають показники роботи і технічні і конструктивні можливості, які визначаються конструкторською документацією.

Систематизація даних про несправності стрічкових конвеєрів дозволяє сформулювати основні напрямки технічного обслуговування і ремонтних робіт[3], а саме:

придбання запасних частин і деталей на заміну зношених;

забезпечення якісної і своєчасної мастила вузлів і деталей;

дотримання вимог щодо експлуатації, визначених заводом-виробником;

забезпечення високого рівня обслуговуючого персоналу.

Стан обладнання вважається нормальним, якщо його ущли і деталі і справні, а параметри, за якими визначається їх стан, не наближається до граничних значень, і дозволяє говорити про безпечну експлуатацію.

Економія коштів на більш дешевих аналогах запасних деталей може привести до скорочення залишкового терміну служби. Так, наприклад, найбільш часто виходять з ладу ролики. Результатом ослаблення контролю є несвоєчасна очистка і заміна скребків, які зношуючись, перестають виконувати свої функції. Це порушення тягне за собою передчасний знос футеровки приводного барабана. Аналогічне наслідок має не відповідає вимогам по експлуатації натяг конвеєрної стрічки. Наведені з найбільш часто зустрічаються порушень експлуатації знижує ефективність роботи конвеєра і веде до скорочення терміну служби.

Найбільш перспективною стратегією обслуговування і ремонту суднових стрічкових конвеєрів є обслуговування по фактичному стану, оскільки граничні стани конструкцій є результатом поступового накопичення пошкоджень в деталях, вузлах і елементах. Виявити і усунути дефекти на початковій стадії можливо при використанні ефективних методів діагностування та своєчасному проведенні ремонтних робіт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Галкин, В.И. , Сазонова, Е.С. Особенности эксплуатации мощных ленточных контейеров с криволинейной в плане трассой для горной промышлен-

ности// Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2011. - ООО Горная книга.- С. 187-190.

2. НПАОП 0.00-1.79-17. Правила охорони праці під час експлуатації об'єктів циклічно-потокової технології відкритих гірничих робіт: затверджена наказом Міністерства соціальної політики України від 22.09.2017 р. №1524. – К.,2017.–43с.

3. Кропотов, Ю.И., Жуков, Е.М., Лугинин, И.А., Полошков, С.И. Основные прочины снижения срока эксплуатации ленточных конвейеров//Молодой ученый.-2015.-№23.-С.172-175.

УДК 621.431.74

Лалетін Є.Л.
Національний університет "Одеська морська академія"

Аналіз навантажувальних характеристик суднових кермових машин

При проектуванні й модернізації кермової машини одним з факторів, що впливають на зменшення витрат і підвищення ефективності її роботи, є визначення оптимального крутного моменту на баллері керма, який розраховується на основі навантажувальної характеристики.

При помилці в розрахунках навантаження кермової машини, при неправильному виборі марки машини і крутного моменту окремі її вузли і агрегати (гідравлічні циліндри, насоси і т.п.) можуть виявитися в експлуатації перевантаженими, або недовантаженими. Це в певній мері впливає на надійність та зниження техніко-економічних і вартісних характеристик судна.

Ціль дослідження - виконання аналізу одержуваних навантажувальних характеристик для розв'язку питання про доцільність застосування тієї або іншої з них при проектуванні кермового обладнання й виборі гідравлічної кермової машини.

Навантажувальна характеристика кермової машини - графічна залежність моменту на баллері керма від кута його перекладки для певного типу рулів:

$$M_б = f(\alpha).$$

Гідродинамічний момент на кермі визначається по формулі:

$$M_\alpha = [C_n k_k k_в \rho V_o^2 Aв(C_Д - k_p)] / 2; C_n = C_x \sin\alpha + C_y \cos\alpha ,$$

де V_o - максимальна швидкість переднього ходу судна при повністю зануреному кермі;

ρ– масова щільність морської води;

C_n – коефіцієнт нормальної сили;

$C_д$, C_x, C_y – коефіцієнти модельних випробувань;

K_p - коефіцієнт компенсації керма;

$K_к$ - коефіцієнт впливу корпуса судна;

$K_в$ - коефіцієнт впливу гвинта;

$A_в$ – площа керма;

α - кут повороту керма.

Момент на баллері з урахуванням сил тертя в підшипниках кермового обладнання:

$$M_б = (1{,}2 \div 1{,}3)\, M_\alpha .$$

Розрахунковий (номінальний) момент кермового приводу ухвалюють із обліком його механічного ККД, тобто $M_н = M_б / \eta_м$. За значенням цього моменту для даного судна розраховують кермову машину з обліком її конструктивних особливостей.

Перед виконанням розрахунку навантажувальної характеристики кермового обладнання $M_б = f(\alpha, V, \lambda, k_p)$ записуються, розраховуються й обґрунтовуються вихідні дані. До них ставиться наступне: тип керма, розрахункова площа керма A=(0,013 – 0,019) LT, де L-довжина судна, T – осадка судна.; ширина керма b; відносне подовження керма $\lambda_p = h / b \approx h / b_{cp} \approx h^2 / A$ (де h – висота пера керма), $\lambda_р$=2-2,5; коефіцієнт компенсації керма $k_p = A_б / A$ ($A_б$ - площа балансирної частини керма), за середньостатистичним даними k_p = 0,2 - 0,3; коефіцієнт впливу корпуса судна $k_к$=(1-ψ)^2, де ψ-коефіцієнт попутного потоку, створюваного корпусом судна (для суховантажних судів з одним гвинтом ψ=0,22-0,26); коефіцієнт впливу гвинта $k_в$.

Не приводячи методики розрахунків (вона є в літературі [див.4]), покажемо типові графіки моменту на баллері $M_б$ залежно від кута α перекладки керма (кермо балансирне). Вони наведені на рисунку 1. Вихідні дані були наступні: довжина судна L=92,4 м; осадка T=6,3 м; швидкість V=6,8 м/с (13,2 узла); діаметр гвинта D=3,0 м; відносне подовження керма $\lambda_р$=1,5; коефіцієнт компенсації К$_р$=0,2; 0,25; 0,3.

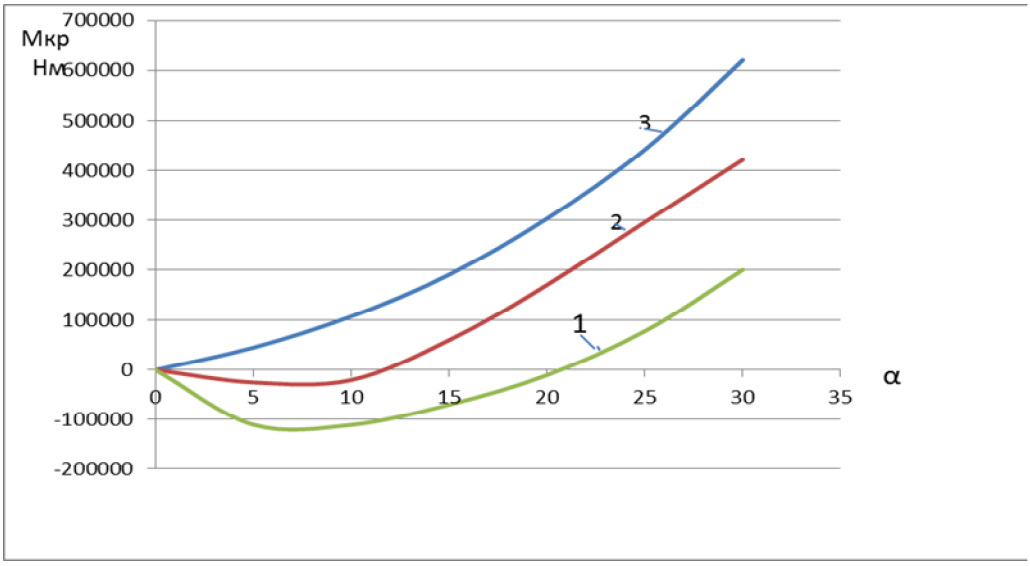


Рисунок 1 - Графіки моменту на баллері $M_б = f(\alpha)$

Аналізуючи графіки 1 і 2 бачимо, що момент $M_б$ має негативні значення на початку процесу перекладки керма. Ці значення тим більше, чим більше кое-

фіцієнт $K_р$, що характеризує відносну величину балансирної частини керма. Найбільший момент, що крутить, відповідає характеристиці $M_б$ з коефіцієнтом компенсації руля $k_р$=0,2 (крива 3). Він дорівнює 630 кНм.

У цьому випадку необхідно поставити на судні кермову машину з великим крутним моментом. Ця кермова машина мала б високу вартість, великі габарити і велику потужність електродвигунів насосів. Отже, така кермова машина економічно і технічно недоцільна.

Менший момент, що крутить, відповідає характеристиці $\boldsymbol{M_б}$ при k_P=0,3 (крива 1). Він дорівнює 200 кНм. Однак ця характеристика має значний негативний момент (-120 кНм при α=7º). У такому випадку потрібна менша по розмірах і вартості кермова машина, але вона не могла б забезпечити гарну керованість судном.

Характеристика $M_б$ при k_P=0,25 є найбільш доцільною (крива 2). У цьому випадку кермова машина буде мати момент, що крутить, 420 кНм.

Номінальний крутний момент машини буде рівний: $M_H = M_б / \eta_м$, (де $\eta_м$ - механічний ККД рівний (0,85-0,92). Таким чином $M_н$=420/0,92=457 кНм.

Максимальний момент на баллері буде рівень M_{max}=1,5 $M_н$, тобто M_{max}=685 кНм.

Кермову машину вибираємо з урахуванням типу і розмірів судна.

Порівняльна оцінка навантажувальних характеристик обов'язкова при проектуванні. Крім того, у процесі тривалої експлуатації судна можуть бути ситуації, коли потрібно змінити розміри керма або встановити нову кермову машину. У таких випадках необхідно також виконувати наведений вище перевірочний розрахунок кривої моменту на баллері.

ВИСНОВКИ

Для розрахунків навантажувальної характеристики з ефективним і економічно виправданим крутним моментом на баллері необхідно виконувати наступнє:

-використовувати оптимальні параметри кермового обладнання, які наведені вище;

- зменшувати неприпустимі негативні значення моменту на баллері, які погіршують керованість кермом, шляхом збільшення (у межах, що допускаються) висоти пера керма. При цьому (при заданій площі керма) зменшується його балансирна частина й відповідно відстань від центру тиску води до осі обертання, що дозволяє зменшити опір води повороту керма;

- одержувати оптимальні значення балансирної площі керма за допомогою коефіцієнта компенсації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1..Александров М.Н. Судовые устройства: Справочник.-Л: Судостроение. 1987.-656 с.

2.Правила класифікації та побудови морських суден. Регістр судноплавства України. – К., 2002.

3. Харин В.М. Судовые гидравлические рулевые машины: Учебное пособие.-Одесса: Феникс. 2005. – 279 с.

4.Судновий гідропривід. Розрахунок і аналіз навантажувальних характеристик гідроприводу рульового пристрою: методичні вказівки для виконання розрахунко-графічної роботи / Укл. В.М.Харін, Є.Л.Лалетін, О.М.Стукаленко.-Одеса: НУ"ОМА", 2018.-16 с.

УДК 621.874

Стукаленко О. М., Макаренко Л. М.
Національний університет «Одеська морська академія»

Дослідження використання фрикціону з постійним опором у здвоєному поліспасті

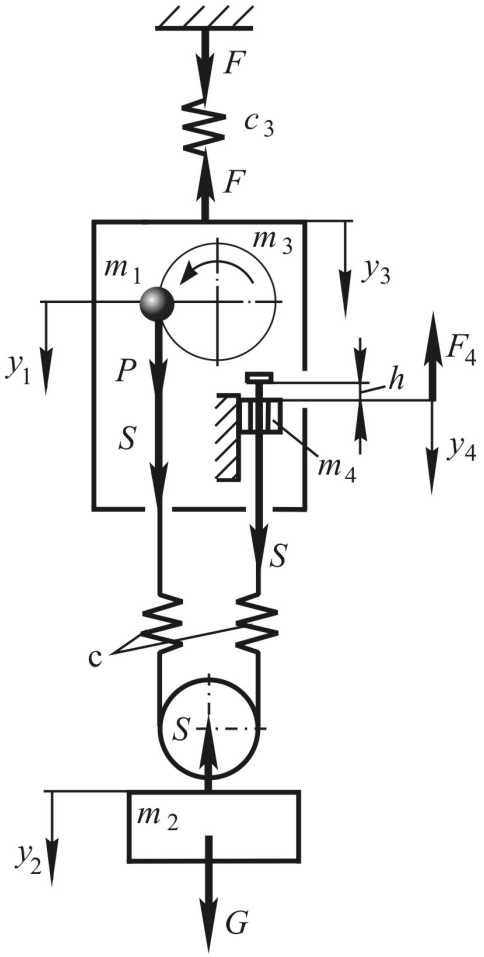


Рисунок 1 – Динамічна модель опускання вантажу після обриву троса безпечного здвоєного поліспаста

Одни з питань під час експлуатації підйомних пристроїв є проблема утримання вантажонесучого органа після обриву троса. У пристроях із напрямними або страхувальними елементами – пасажирських та вантажопасажирських ліфтах, підйомниках, люльках – запобігання падіння передбачається використанням уловлювачів, які вмикаються при перевищенні швидкості опускання більше розрахункової. Для варіантів вільного підвісу із здвоєними поліспастами з двома тросами існують технічні рішення, в яких для вирішення задачі пропонується використання часткового резервування. При обриві одного троса вантаж утримується на другому. Дослідження процесів, що відбуваються у силовому ланцюзі, проводяться з визначенням максимальних динамічних навантажень на конструктивні елементи та визначенням параметрів зрівняльних пристроїв, які забезпечують необхідні умови.

У роботі [1] досліджений випадок використання у здвоєному поліспасті фрикційного зрівняльного пристрою с постійним опором при утримання вантажу після обриву троса під час підйому з основи «з підхопленням». Однак випадки обриву троса відбуваються також і при опусканні вантажу, що є більш

гіршим випадком, який специфічний для даного режиму навантаження, з причини наявності початкової швидкості вантажу у напрямку його падіння.

Розглянутий процес утримання вантажу з використанням фрикціону з постійним опором у здвоєному поліспасті під час утримання вантажу після обриву троса при опусканні в режимі генераторного гальмування.

Математична модель процесу розроблена з використанням динамічної моделі, яка представлена на рис. 1, де m_1 – маса обертових частин механізму підйому, приведена до поступального переміщення y_1, що співпадає з напрямком переміщення вантажу y_2, кг; m_2 – маса вантажу, кг; m_3 – маса металоконструкції, приведена до вертикальної деформації y_3, відлічуваної від статичного положення за умови відсутності вантажу, кг; c_3 – жорсткість металоконструкції в точці прикладення навантаження, Н/м; c – жорсткість поліспастового підвісу вантажу після обриву одного з тросів, Н/м; G – вага вантажу, Н; h – приведена ділянка вільного ходу балансира, м; P – рушійне зусилля піднімального двигуна, приведене до поступального переміщення вантажу, $P = P_0 - \beta\dot{y}_1$, де P_0 – зусилля в момент пуску електродвигуна при числі обертів, рівному нулю, Н; β — коефіцієнт жорсткості механічної характеристики електродвигуна, Н с/м; S – зусилля у поліспастовому підвісі, Н; $F=c_3y_3$ – зусилля, що діє на металоконструкцію, Н ; $F_4 = kG$ – зусилля опору фрикціона, Н.

Рух мас для даного випадку розбивається на чотири етапи. На першому етапі відбувається рух мас після обриву шкентеля при виборі слабини у ПП. Після прикладення навантаження до ПП починається другий етап руху мас. На третьому етапі вмикається в роботу фрикціон зрівняльного пристрою. Четвертий етап починається після вимикання фрикціону з роботи.

Рівняння, що описують рух мас на першому етапі, мають вигляд

$$\left.\begin{aligned} m_3\ddot{y}_3 + c_3 y_3 &= 0 \\ m_1\ddot{y}_1 + \beta_1\dot{y}_1 &= P_0; \\ m_2\ddot{y}_2 &= G. \end{aligned}\right\}$$

Початкові умови для першого етапу

$$\begin{aligned} t_1 = 0, \quad y_3 &= \frac{G_{\text{гр}}}{c_{\text{м}}}, & \dot{y}_3 &= 0, \\ y_1 &= 0, & \dot{y}_1 &= v_2, \\ y_2 &= \frac{G}{c_3} + \frac{G}{2c}, & \dot{y}_2 &= v_2, \end{aligned}$$

де v_2 – стала швидкість опускання вантажу, м/с.

З урахуванням швидкості вантажу та деформації металоконструкції у момент обриву шкентеля умова переходу до другого етапу

$$v_2 t + \frac{gt^2}{2} = h - \frac{G}{2c} + y_1 - \left(\frac{G}{c_3} - y_3\right).$$

Рух мас на другому етапі описується системою рівнянь

$$\left.\begin{aligned} &m_3\ddot{y}_3 + c_3 y_3 - c(y_2 - y_3 - y_1) = 0;\\ &m_1\ddot{y}_1 + \beta\dot{y}_1 - c(y_2 - y_3 - y_1) = P_0;\\ &m_2\ddot{y}_2 + c(y_2 - y_3 - y_1) = G. \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Зусилля, що діє на поліспастовий підвіс

$$S = c(y_2 - y_3 - y_1). \quad (2)$$

Початкові умови для другого етапу

$$\begin{aligned} t_2 = 0, \quad & y_3 = (y_3)_1, \quad \dot{y}_3 = (\dot{y}_3)_1\\ & y_1 = 0, \qquad \dot{y}_1 = (\dot{y}_1)_1,\\ & y_2 = (y_3)_1, \quad \dot{y}_2 = (\dot{y}_2)_1. \end{aligned}$$

Умова переходу від другого етапу до третього $S = k\,G.$

Рівняння, що описують рух мас на третьому етапі

$$\left.\begin{aligned} &m_3\ddot{y}_3 + c_3 y_3 - c(y_2 - y_3 - y_4 - y_1) = 0;\\ &m_1\ddot{y}_1 + \beta\dot{y}_1 - c(y_2 - y_3 - y_4 - y_1) = P_0;\\ &m_4\ddot{y}_4 - c(y_2 - y_3 - y_4 - y_1) = -k\,G;\\ &m_2\ddot{y}_2 + c(y_2 - y_3 - y_4 - y_1) = G. \end{aligned}\right\}$$

Зусилля в підвісі $S = c(y_2 - y_3 - y_4 - y_1)$. (1.39).

Початкові умови для третього етапу

$$\begin{aligned} t_3 = 0, \quad & y_3 = (y_3)_2, \quad \dot{y}_3 = (\dot{y}_3)_2,\\ & y_1 = (y_1)_2, \quad \dot{y}_1 = (\dot{y}_1)_2,\\ & y_2 = (y_2)_2, \quad \dot{y}_2 = (\dot{y}_2)_2,\\ & y_4 = 0, \qquad \dot{y}_4 = 0. \end{aligned}$$

Умова переходу до етапу, на якому відбувається рух мас після вимикання фрикціону з роботи $\dot{y}_4 = 0$. Рух мас на четвертому етапі описується системою рівнянь (1). Зусилля у поліспастовому підвісі (2).

Початкові умови для четвертого етапу

$$\begin{aligned} t_4 = 0, \quad & y_3 = (y_3)_3, \qquad \dot{y}_3 = (\dot{y}_3)_3,\\ & y_1 = (y_1)_3, \qquad \dot{y}_1 = (\dot{y}_1)_3,\\ & y_2 = (y_2)_3 - (y_4)_3, \quad \dot{y}_2 = (\dot{y}_2)_3. \end{aligned}$$

Результати чисельного розв'язання систем диференціальних рівнянь руху мас для мостового крана вантажопідйомністю 20 т наведені на рис. 2 у вигляді графіків залежностей зусиль у поліспастовому підвісі й у металоконструкції від часу: *S*(*t*) і *F*(*t*). На графіку ділянка Т1 відповідає стану системи до обриву троса. Ділянка Т2 – рух мас під час вільного падіння вантажу. На ділянці Т3 маси рухаються після прикладення навантаження до підвісу. Ділянка Т4 відповідає стану під час зниження зусилля у підвісі фрикційним пристроєм. На ділянці Т5 відбувається рух мас після поглинання енергії, що з'явилась у системі під час вільного падіння вантажу. Максимальне навантаження на металеву конструкцію виникає ще до ввімкнення в роботу фрикційного пристрою і ста-

новить 425 кН, що відповідає коефіцієнту динамічності 2,2. Регламентований запас міцності металоконструкції 1,4 [2].

Висновки і перспективи подальших досліджень.

Аналіз результатів свідчить про те, що застосування фрикціону з постійним опором у зрівняльному пристрої для даної конструкції крана дозволяє знизити динамічні навантаження на вантажний підвіс до величин, при яких коефіцієнт динамічності навантаження підвісу менше існуючих запасів міцності троса. Однак, як і у випадку обриву троса при підйомі вантажу з основи "з підхопленням", коефіцієнт динамічності навантаження металоконструкції більше регламентованого запасу її міцності, що неминуче призведе до її руйнування.

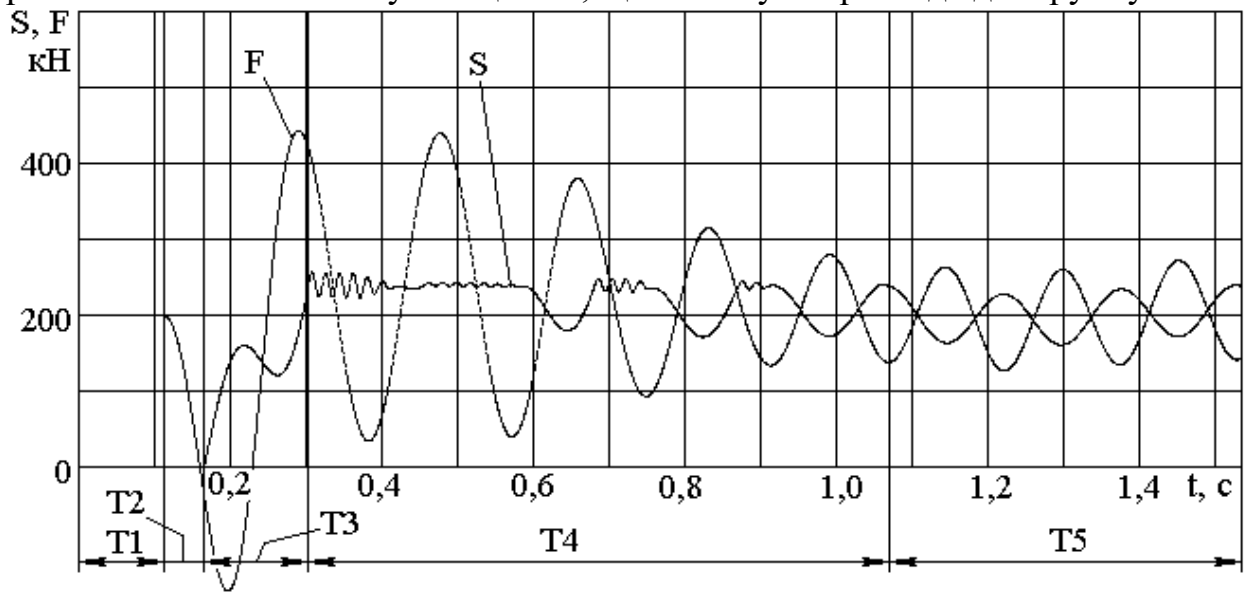


Рисунок 2 – Графіки залежностей *F(t)* і *S(t)* для випадку обриву троса при опусканні вантажу

Для запобігання аварії крана після обриву троса необхідно розробити нові технічні рішення. Це вимагає подальших досліджень динамічних процесів у силовому ланцюзі крана після обриву троса, та визначення необхідних законів опору руху зрівняльних пристроїв.

Розроблену математичну модель можна використовувати для створення графічної моделі динамічного процесу навантажень на металоконструкцію та вантажний поліспаст при відмові троса здвоєного поліспаста із постійним опором фрикційного зрівняльного пристрою під час опускання в режимі генераторного гальмування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Семенюк В. Ф. Определение динамических нагрузок в мостовом кране, оснащенном безопасным сдвоенным полиспастом с уравнительным фрикционным устройством, при обрыве каната / В. Ф. Семенюк, М. И. Стукаленко, А. М. Стукаленко // Тр. Одес. политехн. ун-та. – Одесса, 1999. – Вып. 1. – С. 44-47.

2. Регістр судноплавства України. Правила щодо вантажопідіймальних пристроїв морських суден. Вид. 2011.

УДК.338.98

Козицький С. В., Кіріян С. В.
Національний університет “Одеська морська академія”

Особливості поведінки наночастинок при взаємодії з парами тертя

Вступ

Одним з пріоритетних напрямків збільшення ресурсу експлуатації суднових двигунів та допоміжних механізмів є удосконалення процесів змащення за рахунок впровадження нових технологій. Їх мета підвищити експлуатаційні характеристики вузлів тертя, які визначаються як особливостями конструкції самого вузла, так і мастильного матеріалу. Шляхом введення присадок мікронних розмірів до мастильного матеріалу частково вдається досягти мети.

В кінці минулого століття почалися дослідження характеристик макроб'єктів при вивченні їх властивостей на молекулярному рівні. Ця область науки і техніки отримала назву нанотехнологія [1, 2]. Матеріали, утворені з наночастинок, проявляють принципово нові фізико-механічні властивості, які викликані зменшенням розміру частинок. Особливість наностану проявляється у впливі наночастинок на макроскопічні параметри матеріалів при їх взаємодії з наночастинками.

Це питання обговорюється в роботі.

Роль поверхневих атомів

У звичайних макроскопічних тілах, з якими ми всі звикли мати справу в повсякденному житті, площа поверхні тіла невелика у порівнянні з його обсягом. Характеристики макроскопічних тіл визначаються фізичними властивостями у об'ємі зразка, хоча численні дослідження встановили, що об’ємні та поверхневі властивості твердих тіл якісно відрізняються.

Властивості нанокристалічних матеріалів значною мірою визначаються внеском приповерхневого шару [1]. Цей внесок може бути оцінений у наближенні для сферичної форми наночастинки, яка має діаметр d і товщину границі розділу δ. Тоді доля часток (атомів, молекул), що знаходяться на поверхні, до загальної кількості часток у об’ємі дорівнює:

$$\frac{\Delta V}{V} = \left[\frac{\pi}{6}d^3 - \frac{\pi}{6}(d-2\delta)^3\right]\left(\frac{\pi}{6}d^3\right)^{-1} \approx \frac{6\delta}{d}$$

Отримана формула дозволяє оцінити долю молекул, шо знаходяться на поверхні, в залежності від розміру частинки. Товщина поверхневого шару (границі) наночастинки δ визначається 3-4 моношарами і має величину $\sim 0{,}5$ нм. Так, при розмірі сферичної частинки 1000, 100, 50, 20 та 10 нм, частка поверхневих атомів складає 0,3% , 3% , 6%, 15% та 30%, відповідно.

Зміна цього співвідношення, коли велика доля атомів буде знаходитися на поверхні, приводить до переходу від нормального об’ємного стану (при розмірі частинки 1000 нм) до незвичайних станів з новими властивостями (при розмірі частинки 20 - 10 нм). Атоми, що знаходяться на поверхні наночисти-

нок, активно взаємодіють із зовнішнім середовищем, що відіграє визначальну роль у формуванні їх незвичайних фізичних і механічних властивостей.

Дійсно, структурний стан атомів, що утворюють границю (поверхню), відрізняється від структурного розташування атомів у кристалах: деформується кристалічна решітка, атоми мають надлишкову поверхневу енергію і некомпенсовані міжатомні зв'язки. Так, рентгено- і нейтронографічними дослідженнями нанокристалічного ***Pd*** встановлено [1], що густина речовини границь розділу на 20 - 40 % менше густини звичайного ***Pd***, а координаційне число атома, що належить границі розділу, менше координаційного числа атома у звичайному кристалі.

Отже, нанокристалічна частинка розміром 10-20 нм утворена двома структурними компонентами [1]: кристалічним станом, що включає атоми, розташовані усередині частинки, і некристалічним станом шириною ~ 0,5 нм, утвореним з усіх атомів, розташованих на границі.

Роль поверхневої дифузії

Для збільшення ресурсу пар тертя у мастильний матеріал замість присадок мікронних розмірів вводять нанорозмірні присадки [3]. Поверхневі атоми, яких у наноприсадках велика доля, проявляють велику активність при взаємодії наночастинки з парами тертя. Автори [4] вимірювали дифузію олова в міді при температурі 1000 ^{0}C і встановили співвідношення між коефіцієнтом об'ємної дифузії D_v та коефіцієнтом дифузії по границі D_s:

$$\frac{D_s}{D_v} = 8 \cdot 10^5.$$

Автори зазначають, що при зменшенні температури таке співвідношення зростає.

Отже поверхневі атоми мають значно більший коефіцієнт дифузії [4], що суттєво прискорює процес впровадження атомів наночастинок до пар тертя.

3. КВАНТОВІ ЕФЕКТИ

У розмірному масштабі наночастинки перебувають на границі квантового та класичного стану і цей метастабільний і структурно-неоднорідний стан визначає унікальний комплекс їх фізико-хімічних і механічних властивостей [1]. Розмірні ефекти у наноматеріалах можуть мати квантовий характер, коли характерний розмір частинки стає порівнянним з довжиною хвилі де Бройля

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

Оцінка довжини хвилі де Бройля для атома при кімнатних температурах дає значення

$$\lambda = 0{,}2_{-0{,}1} \text{ нм},$$

тобто атоми, що знаходиться на поверхні наночастинок, поводять себе як класичні частинки, і їх рух описується рівняннями класичної механіки.

Інша справа з електронами поверхневих атомів. Для електронів така оцінка дає

$$\lambda = 8 \text{ нм},$$

тобто розмір наночастинки у 10-20 нм стає порівнянним з довжиною хвилі де Бройля і для пояснення поведінка електронів у поверхневих атомах необхідно використовувати квантову механіку.

Характерною особливістю квантово-механічної поведінки частинок є тунелювання. 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.

4. САМООРГАНІЗАЦІЯ

При диспергування тіла різко зростає активність речовини у твердому стані і швидкість фізико-хімічної взаємодії з навколишнім середовищем [2]. Швидкість такої взаємодії завжди пропорційна величині поверхні і чим більша доля поверхні, тим швидше протікають твердотільні реакції.

Отже, за рахунок великої кількості поверхневих атомів, які мають надлишкову поверхневу енергію при взаємодії наночастинок з парами тертя через їх границю проходить обмін енергією та речовиною. Утворена система “наночастина - пара тертя” стає відкритою термодинамічною системою.

У відкритих системах зміна ентропії складається з двох внесків [5, 6]

$$dS = dS_V + dS_S$$

де $dS_V > 0$ – є приріст ентропії в системі за рахунок процесів які протікають, та dS_S – потік ентропії, обумовлений обміном енергією або речовиною з оточуючим середовищем, і цей доданок не має певного знаку. В такій відкритій системі, яку називають "активним елементом", можливий такий процес, при якому система переходить в стан з меншою ентропією:

$$dS = \left(dS_V + dS_S\right) < 0 .$$

Тобто, у відкритій термодинамічній системі при перерозподілі енергії між її елементами частина цієї енергії може виявитися витраченою на такі перетворення, які приводять до впорядкуванню в системі, як прагнення системи знизити ентропію шляхом самоорганізації дисипативних структур [6]. У цих умовах аномально зростають коефіцієнти дифузії та самодифузії, які підсилюють потоки формотворної речовини, що забезпечує самоорганізацію дисипативних структур.

Процеси колективного групування кристалів при нерівноважній кристалізації досліджували автори [5], а їх виникнення пов’язане з утворенням відкритої нерівноважної системи при кристалізації сульфіду цинку.

5. РЕВІТАЛІЗАЦІЯ

Проявом усіх зазначених особливостей поведінки наночастинок, включаючи самоорганізацію, при використанні їх як присадок до мастильних матеріалів є явище ревіталізації.

Ревіталізація дає можливість повернути процес зношування у зворотному порядку і відновити зношену поверхню [3] при введенні нанодисперсного ревіталізанта у мастильний матеріал. Ревіталізант є гель до складу якого входить [3] дуже активна карбоксильна група $COOH$, суміші оксидів Al_2O_3, SiO_2 і Fe_2O_3 та їх гідратів, або Al_2O_3, MgO і Fe_2O_3 та їх гідратів, або Al_2O_3, CaO і Fe_2O_3 та їх гідратів дисперсністю від 100 нм. Зауважимо, що всі згадані речовини знаходяться в нанодисперсній формі та мають інші фізичні властивості, ніж їх макроскопічні аналоги.

На рисунку (1, а) зображено спеціально нанесений дефект у вигляді літери N однієї з площин тертя підшипника ковзання. Зона подряпини – це зона аномальної поверхневої активності, де атоми металу мають некомпенсовані зв'язки, і такі атоми при навантаженні можуть легко відриватися від матриці, що продовжує руйнування поверхні. Настає катастрофічне зношування.

Ревіталізація починається в зоні найбільшого зношування, оскільки саме тут досить надлишкової енергії для початку нового процесу та атоми металу мають найбільшу кількість некомпенсованих зв'язків. Ці зв'язки, як магніти, захоплюють і утримують саме в місцях зношування будівельний матеріал – ревіталізант, який будує нову кристалічну решітку. Таким чином, на старій основі формується нове покриття. Через кілька хвилин після початку ревіталізації на місці подряпини з'являється металокерамічна латка.

а) б) в)

Рисунок 1. Результат дії ревіталізанта ХАДО [3]

На рис. (1,б) зображена поверхня жолоба після 15 хвилин ревіталізації – зникають дрібні подряпини та починається відновлення поверхні, що утворена дефектом. Дефектна зона аномальної активності зникла після 1 години ревіталізації (рис.1, в) за рахунок утворення металокерамічного покриття.

Одночасно з цим відбувається взаємна дифузія двох речовин (металу і металокераміки), яка завершує процес формування нового покриття, цементує і тим самим остаточно знищує дефект. І чим більше проходить часу, тим міцніше і міцніше тримається нове покриття.

Зауважимо, що ревіталізація спостерігається лише коли компоненти нанорозмірні, і не спостерігається при використанні складових мікронних розмірів. Більш того, кварцовий пісок SiO_2 та кристалічний корунд Al_2O_3, які входять до складу присадки у виді мікронних розмірів, є абразивами.

ВИСНОВКИ

1. Механізм взаємодії нанорозмірних присадок принципово відрізняється від дії аналогічних присадок мікронних розмірів.

2. Наноматеріали за рахунок малих розмірів мають велику долю поверхневих атомів з надлишковою поверхневою енергією. В результаті збільшується коефіцієнт дифузії, проявляються квантові ефекти для поверхневих електронів, а система “наночастина-пара тертя” перетворюється у відкриту термодинамічну систему, в якій можуть виникати процеси самоорганізації.

3. Застосування нанорозмірних присадок до мастильних матеріалів збільшує ресурс пар тертя у рази за рахунок відновлення (ревіталізації) поверхні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Наноматеріали і нанотехнології: навчальний посібник /Азарєнков М. О., Неклюдов І. М. та інші – ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2014. – 316 с.

2. Еленин Г. Г. Нанотехнологии, наноматериалы, наноустройства. М: Изд. МГУ, 2015. – 347 с.

3. Режим доступу: http://www. xado.ua/revitalizanti/xado

4. Ишангоджаева М. М. Физическая химия. Диффузия в системах с твердой фазой. /М. М. Ишангоджаева // СПб ТУРП. – СПб. 2012. – 35 с.

5. Козицький С. В., Бачеріков Ю. Ю. Дослідження фізичних властивостей сульфіду цинку, отриманого методом високотемпературного синтезу, що самопоширюється: монографія. – Одеса: Астропринт, 2016. – 272 с.

6. Николис Г., Пригожий И. Самоорганизация в неравновесных системах. М: Мир, 1979. – 512 с.

УДК 539.51(075.8)

Опришко М.О.
Національний університет «Одеська морська академія»

Застосування нанотехнологій в суднобудуванні

Зацікавленість до застосування полімерних композиційних матеріалів в суднобудуванні в першу чергу викликана їх високою питомою міцністю, а також корозійною стійкістю, низькою теплопровідністю, немагнітністю, високою ударостойкістью, але найголовніше можливістю проектування і створення нових матеріалів і конструкцій з них.

Отримані конструкції мають поліфункціональні властивості, тобто властивості, що залежать від компонентів матеріалу, з якого вони створені.

Все це дозволяє проектувати не тільки конструкцію із заданого матеріалу, а й сам матеріал.

Таким чином, досягнення в одній конструкції необхідних характеристик по несучій здатності і вібро, звуко-, радіопоглинанню дозволяє знизити не тільки її вагу але і забезпечити підвищення захищеності корабля по фізичним полям. [3]

Добавки часток і волокон в полімерні матриці забезпечує підвищення фізико-механічних властивостей полімерів, а також їх вогнестійкості. Заміна багатьох металічних матеріалів на полімери, армовані наночастками, приводять в суднобудуванні до зменшення маси виробу, зниженню споживання бензину і шкідливих викидів.

Добавки нанокристалів алмазу і вуглецевих нанотрубок в нанокомпозити підвищують міцність і зносостійкість.

Наноматеріали володіють значним спектром властивостей, серед яких: - можливість зв'язуватися з нуклеїновими кислотами, змінювати біоструктури;

- посилені каталітичні властивості;
- підвищені абсорбційні властивості;
- збільшена здатність до акумуляції;
- збільшений хімічний потенціал на міжфазній межі високої кривизни;
- можливість самовистраюватися в певні структури;
- збільшена питома поверхня наноматеріалів.

Завдяки цим властивостям, наноматеріали знайшли застосування в різних галузях промисловості (суднобудування, двигунобудування, і т. і.) Нанотехнології включають в себе широкий спектр можливостей для будівництва, модернізації та ремонту суден, а також суднових систем і устаткування. Застосування нанотехнологій для будівництва та ремонту суден дозволяють поліпшити маневреність, ходу і керованість суден. Нанодобавки на основі оксиду цезію вже зараз додають в дизельне паливо, що дозволяє на 4-5% підвищити ККД двигуна і знизити ступінь забруднення вихлопними газами.

Були проведені дослідження властивостей з'єднань пар тертя, отриманих шляхом плазмового напилення при нанесенні фуллерена.

За оцінками зарубіжних експертів, велика частка приросту світового ВВП , пов'язаного із застосуванням нанотехнологій, буде забезпечена саме за рахунок еволюційного удосконалення існуючих виробництв і підвищення якості продукції, що випускається в даний час, для якої відомий ринок і існує споживач. У багатьох випадках це пов'язано з поліпшенням якості матеріалів за рахунок модифікації наночастинками існуючих матеріалів або виробів (наночастинки вводять в обсяг матеріалу або наносять на поверхню). В даний час для цих цілей виробляються металеві, керамічні, вуглецеві, крем'яні, полімерні та інші типи наночасток. [4]

Аналіз нових технологічних рішень показує, що традиційні морські лакофарбові покриття в перспективі можуть бути замінені покриттями, отриманими з використанням НТ, з чудовими бар'єрними властивостями. Їх антикоро-

зійні властивості забезпечує відповідна наноструктура, що блокує доступ агресивних агентів до підкладки, причому одночасно вона збільшує стійкість покриття і до механічних пошкоджень. Передбачається, що в майбутньому товщина морських покриттів, отриманих з застосуванням НТ, може бути багаторазово зменшена. Далі розглянуті наступні види покриттів, одержуваних за допомогою НТ:

- нанотехнологія: 2К
- антиадгезійних;
- протиобростаючих;
- кригостійких для підводної частини криголамів;
- протизаморожувальні для суден.

2К-покриття для суден і катерів - це двокомпонентна суміш, складена на базі хімічної нанотехнології, яке створює стійкий ефект відторгнення води і маслянистих субстанцій від поверхонь, які схильні до серйозних навантажень. Кількість приростих до днища черепашок, морських жолудів, водоростей і інших небажаних відкладень істотно зменшується, поверхня стає більш стійкою до подряпин, а крім того, оброблене днище набагато легше очищається, причому для цього більше не потрібні агресивні миючі засоби (екстремально кислі або лужні, абразиви).

При послабленні ефекту достатньо почистити дно за допомогою губки і м'якого миючого засобу. Хоча оброблена поверхня все одно буде час від часу потребувати очищення від дрібних забруднень, але великі забруднення, такі як черепашки і морські жолуді легко змиваються потоком води при швидкому ході судна.

переваги:

• Морські жолуді, мушлі і водорості значно менше пристають до днища
• Підходить так само для поверхонь, що знаходяться під водою
• Просте і легке очищення оброблених поверхонь
• Підходить як для солоних, так і для прісних вод
• Економічна витрата
• Екологічно

Області застосування:

• Яхти
• Танкери
• Річкові судна
• Круїзні лайнери
• Морські / океанські судна

Найбільш ефективні антикорозійні пігменти, такі як сполуки шестивалентного хрому, в даний час виключають з рецептур ЛФМ через їх підвищену токсичність. Проблема заміни цих сполук без погіршення якості покриттів дуже актуальна для суднобудування, так як такі пігменти широко застосовуються в антикорозійних суднових ґрунтівках.

1.Прочность суден. Зараз ставиться завдання збільшити ресурс і використання суден, що вимагає підвищення міцності, які забезпечують нові наноматеріали.

2.Жівучість і зниження ваги, яке забезпечують в даний час композити. До них повинні приєднатися наноматеріали.

3.Зменшення тертя, яке можна досягти, переходячи на НТ.

4.Вирішення завдання боротьби з обмерзанням і прилипанням до зовнішньої сторони конструкції судна різної "біологічної живності" за допомогою відшаровування лусочок. [1]

Із всього вище сказаного, можна зробити такі підсумки:

1. Нанотехнології - символ майбутнього, найважливіша галузь, без якої неможливий подальший розвиток цивілізації.

2. Можливості використання нанотехнологій практично невичерпні – починаючи від мікроскопічних комп’ютерів, які вбивають ракові клітини, і закінчуючи двигунами, які не засмічують навколишнє середовище.

3. В подальшому вченим належить розширити безліч запитань, пов'язаних з нанонаукою, і осягнути її найглибші таємниці. Але, незважаючи на це, нанотехнології вже надають дуже серйозний вплив на життя сучасного людства.
4. Великі перспективи несуть в собі і великі небезпеки. В цьому відношенні людина повинна з максимальною обережністю віднестися до небувалих можливостей нанотехнологій, направляючи свої дослідження на мирні цілі. В протилежному випадку вона може поставити під удар своє особисте існування. [2]

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. nanotekhnologiy-v-aviatsii-v-sudostroenii-i
2. studcon – orq – 00003374
3. Композиты в судостроении | Нанотехнологии Nanonewsnetwww. nanonewsnet.ru ›
4. В.А. Орехво, Т.А. Брагинская Нанотехнологии судостроения. «Конгресс Международного форума «Великие реки» 2015 г.» -2015. - с. 66. ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
5. Лякишев Н.П., Алымов М.И. Нанокристаллические материалы конструкционного назначения. В Сб. «Проблемы современного материаловедения.- 2002.- С. 9-15.
6. archive.kpi.kharkov.ua/files/47393
7. library.weld.kpi.ua/sites/default/files/ipip_kl.pdf
8. https://studfiles.net/preview/5349180/page:54/
9. https://vdocuments.mx › Category Documents

УДК 62-761:620.3:629.123

Григор'єва О.С.

Національний університет «Одеська морська академія»

Застосування наноматеріалів у захисних покриттів від корозії і обрастання суднових конструкцій

Захист від корозії і обростання є однією з важливих проблем експлуатації суден. На даний час існує велике різноманіття способів захисту: катодний захист, ультразвук, інгібітори корозії, корозіоностійкі матеріали, лакофарбні покриття. Останні спосіб є основними методами підвищення корозійної стійкості суднових конструкцій. На їх частку доводиться більше 80% фінансових витрат на відновлення засобів захисту суден від корозії і обростання в процесі їх експлуатації [1].

Сучасні вимоги до застосування систем лакофарбних покриттів для захисту від корозії різних суднових конструкцій, полягає в скороченні токсичних викидів в навколишнє середовище та підвищення енергоефективності суден.

Повністю відмовитись на суднах від противообростаючих та корозійних покриттів не можливо. Тому розробляють більш екологічні та водостійки матеріали.

Для тривалого захисту судна від дії зовнішнього середовища необхідно, щоб плівка захисного покриття була суцільною, позбавленою пір, зберігала високу адгезію до поверхні, мала мінімальне водопоглинання [1]. В першу чергу це відноситься до різних корпусних конструкцій, у тому числі до підводної частини корпусів суден.

Сучасні лакофарбні матеріали (ЛФМ) передбачають невеликий зміст функціональних добавок в рецептурному складі, що містять нанофазу. Їх застосування передбачає прискорення синтезу лакофарбних матеріалів, оптимізує процес нанесення, підвищує зносостійкість, фізико-механичні і протикорозійні властивості.

До сучасних розробок захисних покриттів відносять емалі на водній основі, наповнені наночастками. Наночастки в полімерному покритті збільшують його твердість зчеплення між молекулами полімеру. Також такі композити з наночастками (близько 5-6% від полімеру) збільшують час проникнення води і кисню через покриття до поверхні металу.

Використання як нанонаповнювача шаруватого алюмосиликата (монтмориллонита) у водних епоксидних, акрилових системах, призначених для захисту сталевих поверхонь, дозволяє зменшити тривалість висихання покриття, поліпшити механічні властивості − стійкість до стирання, абразивну стійкість, адгезію, водостійкість [2, 3]. Застосування наночасток (~20 нм) діоксиду кремнію в двокомпонентній поліуретановій системі дозволяє поліпшити стійкість до дряпання і стирання, підвищити твердість, збільшити зміст сухого залишку без істотної зміни властивостей реологій, без погіршення прозорості або утворення "апельсинової кірки" із-за поганого розливу [3]. Використання водного колоїдного кремнію для модифікації водоосновного поліуретанового ЛФМ дозволяє створювати прозоре, високоефективне покриття [3]. Додавання 3% (по масі) нанорозмірних часток діоксиду титану (5-10 нм) до водоосновного поліакрилового грунту покращує його антикорозійні властивості [3].

Застосування нанорозмірного матеріалу діоксиду кремнія SiO_2 в складі композиційних матеріалів досить поширена. Хімія та технологія отримання наночастинок на основі кремнію на даний час добре вивчені, до того ж оксиди кремнію мають високу адсорбційну здатність та підвищену адгезією.

Діоксид кремнію вводився до складу розчину полімеру (SAS-150) у вигляді ацетонового зола виробництва ТОВ "Компас" з середнім розміром часток 26,7 нм [4].

Результати проведених авторами [4] досліджень, представлені на рис. 1–2, показали можливість оптимізації властивостей покриттів на основі SAS-150 при наповненні нанорозмірним SiO_2. Наявність оптимальних концентрації діоксиду кремнія, які по зносостійкості і відносній твердості складають 1-3%, а по прозорості 1-5% мас.

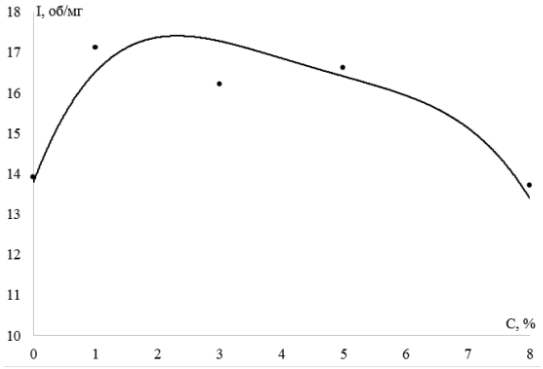


Рис.1. – Залежність відносної твердості покриттів на основі стірол–акрилового сополімеру по Перзосу (відн. од.) від концентрації (С, [%]) SiO_2 [4].

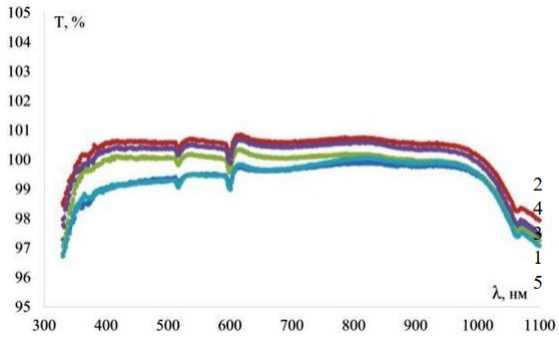


Рис. 2. – Спектр світло пропускання покриттів на основі SAS-150 з різним вмістом наночастинок SiO_2 у складі композиції: 1 – 0%, 2 – 1%, 3 – 3%, 4 – 5%, 5– 8% [4].

Обростання підводної частини судна викликає значну перевитрату палива і збільшення вартості перевезення вантажу. Тому актуальними залишаються також розробки сучасних засобів продовження міждокового періоду судна [5].

Сучасні технології дозволяють розробити та застосовувати захисні композиції яким властиві протиобрастаюча дія, тобто додають речовини біоциди. Найбільш поширеними є окисли міді, миш'яку, ртуті, та оловмісні, які є забруднювачами середовища. Практичне застосування даного методу вимагає витрат великої кількості біоцидів, тому економічно обґрунтоване тільки у випадку використання дешевих сполук.

Найбільш ефективними визнані протиобростаючі покриття фірми International Marine Coatings (AkzoNobel) серії Intersleek 700 і серії Intersleek 900. Продукт Intersleek 700 є силіконовим протиобростаючим покриттям, яке може використовуватися для захисту суден різного призначення і класу і не містить токсинів (біоцидів) [5, 6]. Покриття дозволяє отримувати гладкі, рівні, такі, що очищаються, поверхні зовнішньої обшивки корпусу з низькою шорсткістю. Може наноситися поверх існуючого протиобростаючого покриття. Перевагою застосування покриття є: зниження витрати палива і підвищення ходових якостей [6, 7].

І у безбіоцидних покриттях, і в покриттях з біоцидами перспективне застосування нанотехнологій, наприклад, отримання наноструктурованих поверхонь, або застосування наноречовин, що діють на нанорівні [8]. Наноречовина характеризується особливим розподілом в нім атомів і електронів, що надає наночастці речовини особливі властивості: мінімальний об'єм, максимальну поверхневу енергію, особливу енергетику, тощо, на відміну від з'єднань аналогічної хімічної структури з частинками великих розмірів. На даний час в світовій практиці відомі протиобростаючі системи покритів, які не містять біоциди, з наноструктурованою поверхнею, яка ефективно протистоїть обростанню морськими організмами.

Так, застосовують у складі протиобростаючих матеріалів безбіоцидні дії гібридних сполук, наповнених нанокомпонентами. Наприклад, отримані покриття, утворені наночастками TiO_2, приготовані на поверхні нержавіючої сталі. Наночастки TiO_2 мали діаметр 15-18 нм, та утворювали покриття завтовшки 375 нм, були досліджені золь-гелевым методом і гідрофобізіровани шаром фторалкілсілана (контактний кут змочування водою гідрофобізірованного покриття склав 150°), який має властивість до саморганізації. Морфологія поверхні і структура покриття досліджені методами скануючої електронної мікроскопії і рентгенофазового аналізу. За даними електрохімічних вимірів, покриття проявили відмінну корозійну стійкість в хлорідному розчині при кімнатній температурі [8].

До перспективних біоцидних наповнювачів, можна а віднести також наночастинки срібла (~5÷40 нм). Лакофарбні матеріали і покриття, при додаванні наночасток срібла, мають унікальні антисептичні властивості. Біоцидна активність такого захисного покриття зберігається на увесь час його служби. Вказані ЛКМ екологічно безпечні для людей і довкілля, можуть застосовуватися для захисту металевих і неметалічних поверхонь [9].

Висновки.

На даний час залишається актуальність використання наноструктурних добавок в технології ЛФМ для виробництва покриттів специфічного призначення. Використання наномодифікаторів дозволяє збільшувати антикорозійні характеристики ЛФМ, а от же і збільшенню терміну служби виробів, що покриваються. Застосування функціональних добавок наночасток в полімерних матеріалах, має враховувати їх оптимальні концентрації, при яких досягається істотне поліпшення експлуатаційних характеристик без зміни їх оптичних властивостей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Информаційні ресурси
https://extxe.com/4995/zashhita-ot-korrozii-i-obrastanija-sudovyh-konstrukcij/
http://www.stroitelstvo-new.ru/sudostroenie/okraska/zaschita-metallicheskih-sudov-ot-korrozii.shtml

2. Шашок Ж. С. Применение углеродных наноматериалов в полимерных композициях: [монография] / Ж. С. Шашок, Н. Р. Прокопчук. − Минск: БГТУ, 2014. − 231 с.

3. Еськов А.А Лакокрасочные материалы с пониженням содержанием летучих веществ (обзор)/ А. А. Еськов, Т.А. Лебедева, М.В. Белов // Труды ВИАМ. – 2015, № 6. – с. 58–69.

4. Ибатуллин И.Ф. Исследование влияния наночастиц диоксида кремния на физико-механические свойства стирол-акрилового сополимера / И.Ф. Ибатуллин, В.Е. Катнов, О.П. Кузнецова, И.В. Усманов // Вестник технологического университета. – 2017. – т.20, в.19. – с. 48-50 (ВАК).

5. Горбогнос А. Защита от коррозии корпусов судов, балластных танков и систем // Волгинские чтения.– 2010. – №78. – с. 141–148.

6. Артушевич Е. Эффективность защиты корпуса судна от обрастания / Е. Артушевич, Э. Соминская, Е. Хитов // Морской флот. – №2(2017); http://morvesti.ru/analitika/1692/69195/

7. Афтанюк В.В., Гаврілкін О.Є. моделюваня гідродинаміки корпуса судна з урахуванням біологічного забруднення // Суднові енергетичні установки. – Одеса, 2019. – №39. – с. 14–22.

8. Миронов Г.Л. Пути совершенствования противокоррозионно-противообрастающих покрытий / Г.Л. Миронов, Ф.И. Ильдарханова В.В. Коптева, К.Г. Богословский // Сборник научных трудов «Технология лакокрасочных покрытий»: М. – 2010. – с. 84–86.

9. Строкова В.В. Стабилизация наноразмерных частиц серебра для условий работы в составе водно-дисперсионных лакокрасочных материалов / В.В. Строкова, П.С. Баскаков, К.П. Мальцева // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 4. – С. 84–88.

УДК 621.791.927

Журавльов Ю.І., Костюченко Є.Ф.
Національний університет «Одеська морська академія»

Підвищення ефективності технічного обслуговування і ремонту сполучень вал-підшипник ковзання на основі моделювання їх пошкоджень

Сучасні двигуни внутрішнього згоряння працюють в умовах високих навантажень різного походження, перепадів температури і тиску, і тому ці навантаження на рухомі частини двигуна - коленвал і распредвал, шатуни, штовхачі та інші деталі на сьогодні потребують принципово нових підходів до відновлення втраченої працездатності.

В сполученнях вал-підшипник ковзання працездатність підшипників ковзання порушується внаслідок зносу деталей в зоні тертя або через ослаблення втулки (вкладишів) в посадці. По мірі зносу деталей збільшується зазор між ними, що призводить в одних випадках до появи ударних навантажень, а в інших — до разрегулювання з'єднувальних ланцюгів, а також до витоку мастила, тобто порушення змащування деталей.

Для відновлення працездатності підшипника ковзання необхідно усунути ослаблення втулки (вкладишів) в посадці і довести зазор між деталями тертьової пари до нормальної величини. На сьогоднішній день не вичерпані всі можливості відновлення нормальних розмірів і форми тертьової частини незамінюваної деталі шляхом технічного обслуговування і ремонту робочих поверхонь.

Пропонується основний упор робити на прогнозування та розроблення рекомендацій для експлуатації роботи сполучень на основі підвищення ефективності обслуговування і ремонту та аналізу різноманітних критеріїв надійності [1].

Для цього використовується математичний опис (моделювання) процесів пошкодження. Воно дозволяє аналізувати внутрішні зв'язки та зовнішні впливи. На підставі загальних принципів формування відмов моделі забезпечують: розроблення алгоритмів оцінки надійності складних виробів, облік зворотних зв'язків у стосунках «технологічний процес – вихідні параметри машини», оцінку параметрів взаємодії машини і особливостей втрати нею працездатності. Рішення таких завдань дає можливість розробляти більш досконалі моделі відмов сполучення вал-підшипник ковзання, і на їх основі вузлів і агрегатів деталей засобів транспорту (малюнок 1).

Більшість процесів накопичення пошкоджень в зазначених деталях відбувається протягом тривалих проміжків часу, тобто мають яскраво виражену динаміку протікання. Ці процеси є причиною відмов деталей обладнання і зміни його стану в часі [4].

Рисунок 1. Направления использования моделирования повреждений деталей вал-подшипник скольжения

Облік в моделях ушкоджень великий інерційності деталей, зростання періодичності зовнішніх впливів, взаємодії оборотних і необоротних процесів, малій швидкості процесів, в сукупності з адаптованими фундаментальними принципами динаміки машин і теорії автоматичного

управління, дозволять вирішити завдання, пов'язані з надійністю складних систем, до

яких відноситься суднові енергетичні системи.

Останнім часом [2-4] найбільш гостро постає проблема подальшого розвитку і реалізації методів прогнозування надійності на основі моделей відмов [5-7], які базуються на закономірностях процесів пошкодження фізики відмов з

урахуванням їх імовірнісної природи , що є ключовим для вирішення основних завдань, пов'язаних з удосконаленням технічного обслуговування і ремонту сполучень, оцінкою надійності. Найбільш обґрунтованим є використання методів статистичного моделювання ушкоджень, що враховують імовірнісні режими експлуатації обладнання, зовнішні впливи і характер протікання процесів пошкодження [4]. При цьому актуальність такого підходу пояснюється необхідністю подальшого вдосконалення методів прогнозування надійності деталей, що піддаються зносу і втомного руйнування, мають яскраво виражений характер у засобах транспорту, і є основними причинами їх відмов [5].

Актуальним напрямком використання моделей пошкодження є розробка методів розрахунку граничних станів окремих деталей і машини в цілому, а також розробка кваліметрії ушкоджень – методів чисельної оцінки ступеня пошкодження деталей, різних за своєю природою і характером [6].

Найбільш перспективним напрямком використання результатів моделювання пошкодження деталей, є створення спеціальних систем інформації про ступінь ушкодження ремонтованих деталей, що не досягли граничного стану і не мають відмов, для недопущення яких і проводиться ремонт [8]. Це джерело інформації, який в даний час практично не застосовується, дозволить оцінити ступінь використання параметрів надійності деталі і обґрунтовано призначити ресурс машини [8].

Розгляд принципів накопичення пошкоджень і розробка моделей для їх опису дозволяє досліджувати вплив зношування деталей на динамічні характеристики машини [8]. Цей зв'язок досить складний, так як в рівняннях динаміки присутні члени залежні від часу і мають випадкову природу. Розкриття цих закономірностей на основі моделей ушкоджень дозволить вивчити явища, пов'язані із зміною вихідних параметрів машини в часі і відмовами функціонування через руйнування деталей. Достатньо часто відмови функціонування є наслідком зростання динамічних навантажень в машині при зносі її елементів. Для засобів транспорту, особливо швидкохідних і важко навантажених, саме динамічні явища лімітують допустимі величини зносу і ресурс деталей [6].

Унікальність транспортного обладнання створює необхідність використання математичного опису процесів накопичення пошкоджень для розробки методики випробування складних об'єктів, до яких відносяться суднові енергетичні системи. Висока функціональність окремих деталей обладнання виключає застосування традиційних методів випробування на надійність, що застосовуються для відносно простого обладнання [4].

Науковий напрям технічного обслуговування і ремонту полягає у виявленні впливу надійності сполучень деталей вал-підшипник ковзання, що входять до складу виробу, на надійність всього вузла, агрегату, машини. Це дозволить виявити сполучення і самі деталі, які необхідно удосконалювати в першу чергу, вибрати стратегію підвищення надійності технічного виробу, оцінити кількісно величину поліпшення характеристик надійності машини.

Підтримання та відновлення працездатності транспортної машини є складним процесом, що залежать від таких факторів, як: конструкція машини, методів її експлуатації, організації системи ремонту і технічного обслуговування,

економічних факторів і т. д. Виявлення раціональних методів ремонту і технічного обслуговування пов'язане з їх оптимізацією, де перше місце відводиться критерію економічності [9]. Це вимагає обліку і вірогідного аналізу особливостей накопичення пошкоджень деталей, і як наслідок, втрати ними працездатності, а також оцінки реальних можливостей щодо їх відновлення [10]. Правильна організація системи ремонту та обслуговування може при тих же витратах значно підвищити ефективність і надійність функціонування транспортних машин і устаткування, а також забезпечить доцільність і ефективність проведення профілактичних операцій та ремонтно-відновлювальних робіт. Функціонування моделей накопичення пошкоджень деталей, в рамках спеціальної системи, званої ремонтною службою підприємства, забезпечить необхідний рівень працездатності обладнання.

Розглянемо модель, призначену для оцінки підвищення показників надійності машин, напрацювання на відмову яких описуються п'ятьма найбільш поширеними законами: нормальним, логарифмічно нормальним, експоненціальним, Ерланга і Вейбулла.

Науковий напрямок, представлене в доповіді, полягає у виявленні впливу надійності сполучень деталей вал-підшипник ковзання, що входять до складу виробу, на надійність всього вузла, агрегату, машини. Це дозволяє виявити сполучення і самі деталі, які необхідно удосконалювати в першу чергу, вибрати стратегію підвищення надійності технічного виробу, оцінити кількісно величину поліпшення характеристик надійності машини.

Об'єктом цих досліджень є засоби транспорту, що представляють собою функціональну систему, що складається з М послідовно з'єднаних сполучень деталей. Відмова будь-якої деталі призводить до відмови виробу. Працездатність вироби відновлюється шляхом заміни, що вийшла з ладу i-ї (i = 1, 2, ..., М) деталі нової. Так як відмова відбувається у випадковий момент, час життя деталі можна описати з допомогою процесів відновлення. При цьому вважається, що кожна i-та деталь виробу характеризується напрацюванням tcpii знаходимо ij від (j-1) – го до j - го відмови (j = 1, 2,...Z), розподіл яких не суперечить одному з наступних законів: нормальному, експоненціальному, логарифмічно-нормальному, Ерланга і двухпараметрическому законом Вейбулла.

Основними характеристиками процесу відновлення, є провідна функція потоку відмов Ω (t) і параметр потоку відмов ω (t). Так як в ході досліджень розроблені методики розрахунку провідної функції потоку відмови Ω (t)) за аналітичними залежностями [10] та методом статистичного моделювання [12], то це дозволяє аналізувати вироби, життєвий цикл яких описується будь-яким процесом відновлення, зокрема, простим, спільним і загальним нестаціонарним. З допомогою моделі також можна розглядати системи, у яких закони, що описують напрацювання до чергової заміни, різні. Цільовою функцією математичної моделі прийнятий мінімум сумарних середніх питомих витрат Суд (t) на виготовлення технічного вироби та підтримки його в справному стані:

$$C_{уд}(t) = \frac{(D+1)}{t} \sum_{i=1}^{M} C_{\partial i} \Omega_i(t) + \frac{C_u}{t} , \qquad (1)$$

де М- кількість елементів, що входять у виріб; D - коефіцієнт, що враховує трудовитрати, витрата матеріалів і втрати від простоїв при заміні деталей вироби; Сді - вартість і-ой деталі; Си - первісна вартість виробу; Ωi(t) - провідна функція потоку відмов і-ой деталі.

Крім мінімуму сумарних середніх питомих витрат Cудmin, в якості оптимізуйомих показників надійності прийняті рівень надійності n, оптимальний ресурс tопт, а також напрацювання виробу на перший відмова t від і.

Для моделювання підвищення показників надійності імітується заміна деталі. Деталь, що має найгірші в порівнянні з іншими деталями вироби надійностні характеристики, замінюється більш надійної, має більш високі значення показників безвідмовності і довговічності, а, значить, має іншу вартість.

Для обліку підвищення ресурсу і зниження відносного розсіювання значень напрацювань деталей і відповідної зміни вартісних показників прийняті коефіцієнти, введені в роботі / 1,2 /:

- коефіцієнт збільшення ресурсу -ρ , показує, у скільки разів збільшується ресурс вдосконаленою деталі по відношенню до вихідної,

$$\rho = t'_{ср\ э} / t_{ср\ э}, \qquad (2)$$

де $t'_{ср\ э}$ і $t_{ср\ э}$ – ресурси відповідно деталей вдосконаленої і вихідної;

- коефіцієнт зміни вартості деталі μ, відображає збільшення вартості деталі в результаті її поліпшення,

$$\mu = C'_э / C_э, \qquad (3)$$

де $C'_э$ і $C_э$ - вартість деталі поліпшеною і вихідної;

- коефіцієнт зміни розсіювання ресурсу деталей η, що показує зниження розсіювання ресурсу деталі виробу при її вдосконаленні,

$$\eta = \nu_э / \nu'_э, \qquad (4)$$

де $\nu_э$ і $\nu'_э$ – коефіцієнт варіації вихідної деталі і після її удосконалення;

- коефіцієнт пропорційності k_ρ, що відображає співвідношення збільшення вартості до збільшенню ресурсу деталі при її удосконаленні;

- коефіцієнт пропорційності k_η, що відображає співвідношення збільшення вартості до зменшення розсіювання ресурсу деталі при її удосконалення;

- коефіцієнт $k_и$, що відображає співвідношення вартості виробу до сумарної вартості деталей

$$k_и = \frac{C_и}{\sum_{i=1}^{M} C_{дi}} \qquad (5)$$

де $C_и$ - вартість виробу; $C_{дi}$– вартість і-тої деталі.

Перераховані вище коефіцієнти є керуючими параметрами моделі. В ході моделювання їм присвоюються різні значення, а потім перераховуються основні вартісні і надійностні характеристики деталі.

Вартість вдосконаленого елемента визначається за формулою

$$C'_д = \mu \cdot C_д, \qquad (6)$$

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

Вартість вдосконаленого виробу розраховується по залежності:

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

Коригування середнього ресурсу і коефіцієнта варіації деталі проводяться за допомогою коефіцієнтів, в залежності від виду теоретичного закону розподілу, з урахуванням зміни параметрів закону.

Зокрема, для нормального закону:

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

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

Так як експоненціальний закон є однопараметричним і не залежить від коефіцієнта розсіювання ресурсу, параметр λ' для нової деталі розраховується за наступною формулою:

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

Для закону Ерланга крок коефіцієнта розсіювання ресурсу змінюється дискретно так, щоб порядок закону m' покращеної деталі змінювався на ціле число. Порядок закону обчислюється за формулою:

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

і округляється до цілого значення; параметр закону λ' визначаться як

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

Для двопараметричного закону Вейбулла перерахунок параметрів проводять поетапно. Параметр форми залежить тільки від коефіцієнта розсіювання ресурсу, але пов'язаний з коефіцієнтом варіації за допомогою гамма – функції. Тому обчислюється через коефіцієнт розсіювання ресурсу, коефіцієнт варіації вдосконаленої деталі. Потім з отриманого значення коефіцієнта варіації, за допомогою таблиці, обчислюється параметр форми і значення гамма – функції для поліпшеної деталі. Параметр масштабу λ' обчислюється за наступною формулою:

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

де Γ (x) - гамма – функція Ейлера, α і λ- - відповідно параметр форми і масштабу закону розподілу ресурсу вихідної деталі; α' и λ' - відповідно параметр форми і масштабу закону розподілу ресурсу вдосконаленої деталі.

Для логарифмічно нормального закону, також з початку визначається нове значення параметра σ', так як цей параметр залежить тільки від зміни коефіцієнта варіації. Формула для розрахунку параметра σ' має вигляд:

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

де σ - параметр розсіювання ресурсу логарифмічно-нормального закону для вихідної деталі.

Параметр t' логарифмічно-нормальної величини перераховується для вдосконаленої деталі по формулі:

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

де σ - параметр розсіювання ресурсу і t логарифмічно-нормального закону для вихідної деталі; σ' - параметр розсіювання ресурсу логарифмічно-нормального закону для вдосконаленої деталі.

ВИСНОВКИ

Створення та використання математичних моделей накопичення пошкоджень деталей вал-підшипник ковзання є одним з перспективних напрямків вирішення завдань підвищення їх надійності на всіх етапах існування (проектування, виготовлення, випробування та експлуатація).

При побудові математичних моделей накопичення пошкоджень використовується велика кількість методів і підходів, що мають певні особливості і базуються на різній вихідній статистичної інформації. Побудови математичних моделей передує ретельне вивчення процесів, що призводять до зародження, розвитку і досягнення критичного рівня пошкодження деталей засобів транспорту.

Наявність великої кількості різноманітних транспортних машин, що мають свої конструктивні та експлуатаційні особливості, вимагає індивідуального підходу до розробки математичного апарату, що описує процес передачі технологічного навантаження, як головного чинника ушкодження, від робочого органу машини до всіх її конструктивних елементів.

Використання моделей пошкодження деталей транспортного обладнання на стадії його проектування і експлуатації, забезпечить вирішення низки завдань, таких як: обґрунтування оптимальної довговічності деталей обладнання, зниження матеріаломісткості та енергоємності конструкцій, підвищення продуктивності машин.

Використання математичних моделей накопичення пошкоджень, є

відправною точкою у вирішенні багатьох завдань дослідницького, технологічного та техніко-економічного спрямування, пов'язаних з підвищенням надійності роботи обладнання та забезпечення безперервності технологічного процесу, що запобігає зниження техніко-економічних показників виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Когаев В. П., Дроздов Ю. Н.Міцність і зносостійкість деталей машин: Навчальний посібник для машинобудівних. спеціальностей вищих навчальних закладів. - М .: Вища школа, 1991. -319 с.

2. Проников А.С. Параметрична надійність машин. - М .: МГТУ ім. Баумана, 2002. - 560 с.

3. Труханів В.М. Надійність в техніці. - М .: Машинобудування, 1999. -598 с.
4. Риньков Р.Н. Прогнозування усталостного ресурсу елементів виробів при випадковому навантаженні на основі теорії інформації // Надійність і контроль
якості. - тисяча дев'ятсот дев'яносто п'ять №8. - С. 20-28.
5. Коллінз Дж. Пошкодження матеріалів в конструкціях. Аналіз, прогноз, запобігання. (J. A. Collins Failure of materials in Mechanical Design, New York, 1981): Пер. з англ. - М .: Світ, 1984. - 624 с.
6. Тарасов Ю.Л., Міноранскій Е.І., Перов С.Н. прогнозування надійності конструкцій за критерієм втомного пошкодження // Надійність і довговічність машин і споруд. - К .: Наукова думка. Вип.6, 1984., С. 91-96.
7. Дроздов Ю.Н. Прогнозування інтенсивності зношування тертьових тіл на основі теоретико-інваріантного методу // Проблеми машинобудування і надійність машин. 1999. №1. С. 28-35.
8. Проников А.С. Надійність машин. -М .: Машинобудування, 1978. - 592 с.
9. Шудра В.Ф. Механізм відновлення парку промислового обладнання. - К .: Техніка, 1990. - 143 с.
10. Кульсеітов Ж.О., ЛІССЄВ В.П. Математичні моделі та підтримання надійності машин. - Алмати: Гилим, 1996. - 222с.
11.Муздибаев М.С. Оптимізація показників надійності вузлів транспортних і дорожніх машин. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. -Усть-Каменогорськ, 1998..

УДК 629.5:621.7

Мельник О.А.
Національний університет «Одеська морська академія»

Вид і елементи режиму термічної обробки суднових колінвалів

Колінчастий вал— одна из найбільш відповідних, дорогих і складних в виготовленні деталей. Ефективна потужність, що розвивається двигуном, знімається з фланця колінчастого валу. Крутний момент через лінію валопроводу передається гребному гвинту, або іншому приймачу енергії (наприклад, генератору електричного струму). Колінчастий вал піддається значним згинаючим та крутним зусиллям, змінним за значенням і знаком, тому для його виготовлення застосовують найбільш якісні сталі і чавуни. Колінчастий вал потужних малообертних суднових дизелів розрахований на роботу без капітального ремонту (підйому валу) на 60 - 80 тис. Рік і більше, або, практично, на весь час роботи судна.

Більшість сучасних колінвалів виготовляють литтям з високоміцного чавуну. Високоміцні чавуни діляться на два класи: перлітні і ферітні. Велике застосування знайшли чавуни перлітного класу завдяки високій міцності і зносостійкості.

Отримана тим чи іншим способом заготовка проходить механічну обробку до номінальних розмірів, після чого піддається додатковому зміцненню. По-

верхні шийок колінчастого валу обробляються за допомогою хімічного зміцнення при нагріванні, а краї шийок скругляются, щоб підвищити міцність і опір втомного руйнування.

Колінчастий вал дизеля працює в дуже складних і важких умовах. Він відчуває значні зусилля тиску газів, що передаються шатунно-поршневим механізмом, від сил інерції поступально і обертально рухомих мас, а також зусилля і моменти, що виникають внаслідок крутних коливань.

Виготовлення колінчастих валів литтям дозволяє з найменшими витратами отримати найбільш прийнятну форму щік кривошипів і більш раціональний розподіл металу за рахунок виконання корінних і шатунних шийок порожнистими, що зменшує масу валів при збереженні щодо високої міцності. Для підвищення міцності вала на вигин галтелі шийок вала спеціально зміцнюють накаткою з роликами. Шийки колінчастих валів деяких двигунів азотують для підвищення зносостійкості.

Колінчасті вали дизелів по конструкції шийок однакові. Відрізняються вони кінцевими частинами. Поверхні тертя шатунних шийок валів з'єднані з поверхнями суміжних корінних шийок каналами, якими масло надходить до шатунних підшипників у двох протилежних точках, забезпечуючи надійність змащування вкладишів, а також, охолодження поршнів. Остання шийка служить для установки опорно-упорного підшипника.

У кінцевій частині колінчастого валу (рис.1.) встановлено демпфер крутних коливань. А шестерня, яка встановлена на валу, служить для приводу розподільного валу.

.

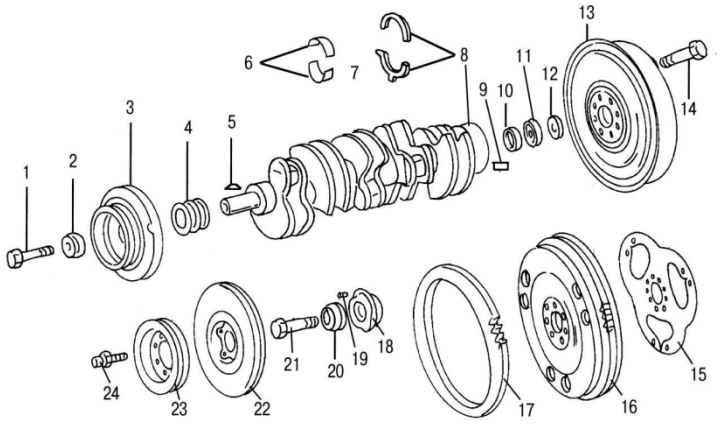


Рис. 1. Зовнішній вигляд колінчастого валу

Для підведення масла від корінних шийок до шатунних є канали. На передньому кінці вала - диск валоповоротки.

Колінчасті вали працюють в умовах високих навантажень, а шийки валу піддаються інтенсивному зношенню. Термічна обробка колінчастих валів переслідує дві мети: підвищити їх міцність і зносостійкість. Колінчасті вали деяких чотирьохтактних дизелів іноді виготовляють із сталей гарячим штам-

пуванням. Завдяки штампуванню виходить хороша макроструктура - волокна металу не перерізуються, а відповідають конфігурації валу.

Одним з видів термічної обробки колінчастого валу є нормалізація, - вид відпалу з тривалим охолодженням для зниження твердості і полегшення механічної обробки, поліпшення мікроструктури з досягненням більшої однородності металу і зняття внутрішніх напружень заготовок колінчастих валів. Наприклад, штамповані заготовки деяких валів зі сталі піддають нормалізації в спеціальній щілинній нормалізаційній печі з підвісним конвеєром. Перед надходженням в робочу камеру печі, нагріту до 850 ° С, штамповані заготовки валів проходять через спеціальний коридор, де охолоджуються з 1050-1100 ° С до 600-650 ° С. Після нормалізації штамповані заготовки проходять через камеру попереднього охолодження і подаються на повітря.

Нагрівання штампованих заготовок в підвішеному стані при нормалізації в печі з підвісним конвеєром має перевагу перед їх нагріванням в горизонтальному положенні в штовшаючих печах, оскільки виключається нерівномірний нагрів випромінюванням печі і штамповані заготовки не деформуються від провисання під власною вагою.

Після нормалізації, штамповані заготовки для обробки надходять на металорізальні верстати, а потім шатунні і корінні шийки валів піддають поверхневому загартуванню при індукційному нагріванні, для чого застосовують автоматизовані установки, на яких виконують послідовне нагрівання та охолодження кожної шийки. За рахунок скорочення тривалості охолодження проводиться самовіпущення шийок (термічний процес, при якому мартенсит розпадається; при цьому підвищується пластичність і знижується крихкість металу; температура самоотпуска 240-250 С). Для загартування колінчастих валів в потоковій лінії встановлюють спеціальні верстати. Отримують загартований шар товщиною 3-5 мм, а твердість поверхні шийок HRC 56-62; мікроструктура шару - мілкоголковий мартенсит.

Найбільш напруженими ділянками колінчастого валу, звідки часто починається руйнування в умовах експлуатації, є галтелі - місця переходу щоки вала в шийку. Зміцнення цих місць досягається одним із двох способів: загартуванням галтелей одночасно з шийками або ж обкаткою галтелей за допомогою роликів. При обкатці завдяки пластичної деформації відбувається зміцнення металу і створюються сприятливо діючі залишкові стискаючі напруги. Але поверхневе загартування шийок колінчастих валів з галтелями при індукційному нагріві є економічно більш вигідним процесом.

Великі колінчаті вали, піддають поверхневій зміцнюючій обробці методом азотування. Такі вали після попередньої термічної обробки у вигляді нормалізації і високого відпущення проходять механічну обробку, а потім піддаються поліпшенню загартуванням в маслі від 850-870 ° С і відпущенні при 540 ° С. Після попереднього шліфування вали надходять на азотування. Ділянки вала, що не підлягають азотуванню, захищаються рідким склом. Азотування проводиться в контейнерних печах. Вал укладається на дві призми, які встановлюються під дві крайні шийки валу. Під середні шийки підкладаються клини. Режим азотування двоступінчастий: I ступінь проходить при температурах

500-510 ° С, з витримкою 30 год, ступінь розпаду аміаку 20-40%; друга ж ступінь проходить при високих температурах 520-540 ° С, з витримкою 50 год, ступінь дисоціації аміаку теж велика - до 60%. Товщина азотованого шару виходить не менше 0,7 мм.

Для підвищення стійкості евтектоїдного цементиту, щоб при термічній обробці відбувалася сфероідізація, а не графітизация евтектоїдного цементиту в чавун додається марганець.

Термічна обробка колінчастих валів проводиться по наступному режиму: нормалізація - нагрівання до 950-960 ° С, витримка 8 год, охолодження зі швидкістю 30-60 ° С / хв до 600 ° С; відпущення - нагрівання до 725-740 ° С, витримка 8 год, охолодження на повітрі.

Термічну обробку колінчастих валів доцільно проводити в печах із захисною атмосферою, для зменшення викривлення нагрівати колінчаті вали на спеціальних підставках.

ДВИГУНИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ

УДК 621.346

Сагін С.В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Зниження механічних втрат у суднових середньообертових дизелях

Постановка проблеми в загальному вигляді. Механічні втрати енергії при передачі корисної (індикаторної) потужності від суднового двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) до споживача лежать у широких межах і можуть становити 6...10 % – у разі експлуатації ДВЗ на номінальному режимі, і до 100 % – під час експлуатації на холостому ходу. Рівень механічних втрат оцінюється механічним коефіцієнтом корисної дії (ККД). Мінімізації цих втрат і забезпечення мінімальних значень протягом тривалого часу є актуальним завданням, на розв'язання якого спрямовано наукові дослідження, що проводяться як дизелебудівними корпораціями, так і окремими науково-виробничими фірмами та інститутами [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Конструкційні та технологічні заходи, що забезпечують зниження механічних втрат енергії під час експлуатації суднових ДВЗ, розглядалися в різних роботах. При цьому увага приділялася модифікації поверхонь циліндро-поршневої групи, забезпеченню мінімальної витрати палива, загальній методології оцінки енергетичних витрат, регенерації властивостей робочих поверхонь основних елементів дизеля.

Постановка завдання. Аналіз досвіду проектування та експлуатації суднових пропульсивних комплексів, що забезпечують мінімальний рівень механічних втрат, показує, що їх вдосконалення доцільно вести за наступними напрямками:

- підвищення стійкості роботи деталей кривошипно-шатунного механізму (КШМ) і підшипників руху;
- зниження втрат енергії за рахунок підвищення пружнодемпфуючих властивостей мастильного матеріалу, що забезпечує процеси змащування і охолодження КШМ і підшипників, а також працездатний стан колінчастого валу і лінії валопроводу;
- мінімізація гідравлічних втрат і контактних навантажень у паливній апаратурі високого тиску;
- розвиток методів діагностики технічного стану вузлів і деталей дизеля, а також функціональних характеристик робочих рідин, що забезпечують отримання корисної роботи;
- удосконалення методів, що сприяють зниженню термічних і динамічних навантажень на рухомі і нерухомі деталі дизеля і валопроводу.

Найбільшим доступним в умовах експлуатації вже існуючого енергетичного обладнання є оптимізація роботи циркуляційних систем мащення.

Виклад основного матеріалу дослідження. З цілого ряду методів, що є найбільш прийнятними для суднових умов (з технологічної та фінансової точ-

ки зору), є використання оптимального доливання мастила в систему і застосування поверхнево активних речовин (ПАР) [2].

Вплив інтенсивності доливання моторного мастила в загальний об'єм циркуляційної системи мащення на механічні втрати енергії можливо оцінити за зміною механічного ККД дизеля для різних умов експлуатації (різних умов поповнення системи мащення свіжим мастилом). Для цього виконувалось вимірювання механічного ККД на різних режимах роботи дизелів 6EY22AW (що відповідають 35-ти, 50-ти, 65-ти і 80-ти %-ому навантаженню) за різної інтенсивності поповнення системи мащення: 1-ий дизель – через 100, 2-ий – через 25, 3-ий – через 10 годин роботи. На кожному з досліджуваних режимів ($0{,}35N_{e\text{ном}}$, $0{,}5N_{e\text{ном}}$, $0{,}65N_{e\text{ном}}$, $0{,}8N_{e\text{ном}}$) дизелі експлуатувалися рівний проміжок часу, який залежно від навантаження суднової електростанції становив 1,5...2,5 години. Зміна навантаження на двигуни за цей час не перевищувало ±2,5 %, а отриманий масив значень механічного ККД дозволяв із високою точністю визначити його середнє значення. Принципова схема системи циркуляційного мащення дизелів надана на рис. 1.

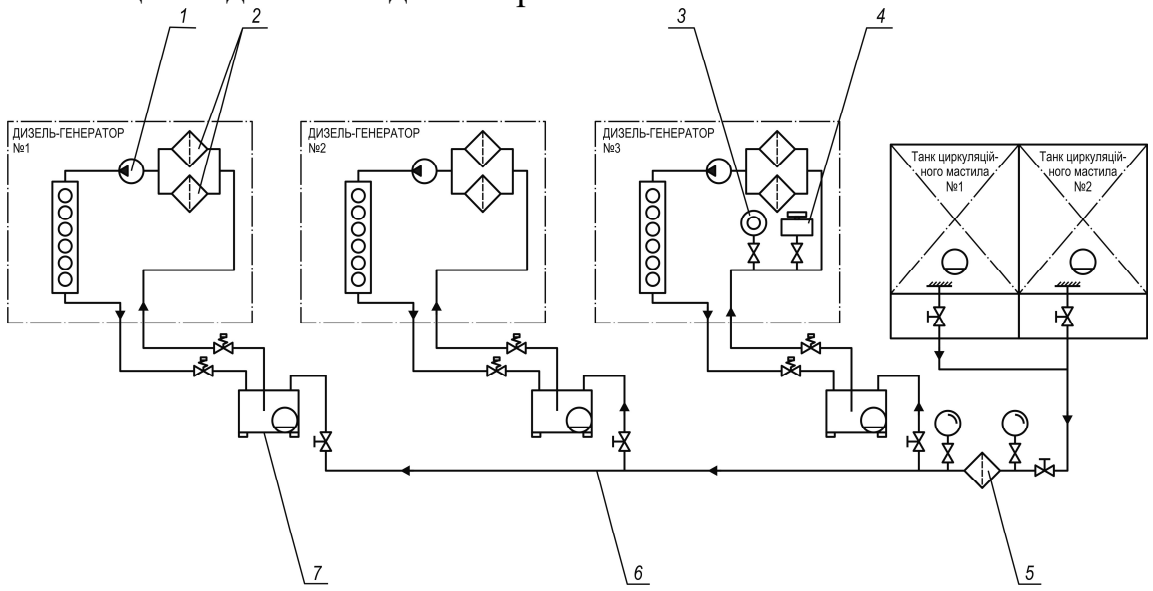


Рис. 1. Схема модернізації циркуляційної системи мащення суднових дизелів 6EY22AW фірми Yanmar під час проведення експерименту:

1 – мастильний насос; 2 – мастильний фільтр тонкого очищення; 3 – магістраль відведення парів мастила і повітря; 4 – витратомір; 5 – дозатор присадки; 6 – мастильний фільтр грубого очищення; 7 – відділювач мастила; 8 – магістраль підведення мастила

У результаті були отримані значення, узагальнені у вигляді табл. 1, за результатами якої побудована діаграма, що наведена на рис. 2.

Таблиця 1. Зміна механічного ККД суднових дизелів 6EY22AW фірми Yanmar за різних умов експлуатації

Умови експлуатації	Навантаження на двигун			
	$0{,}35N_{e\text{ном}}$	$0{,}5N_{e\text{ном}}$	$0{,}65N_{e\text{ном}}$	$0{,}8N_{e\text{ном}}$
Двигун № 1 (поповнення через 100 годин)	0,743	0,803	0,842	0,872
Двигун № 2 (поповнення через 25 годин)	0,806	0,821	0,862	0,882
Двигун № 3(поповнення через 10 годин)	0,823	0,837	0,873	0,891

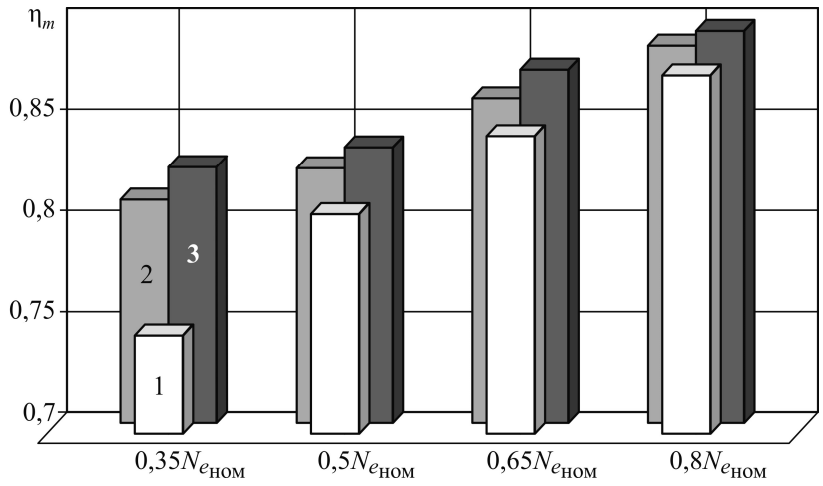


Рис. 2. Зміна механічного ККД суднового дизеля 6EY22AW фірми Yanmar за різної інтенсивності доливання мастила:
1 – через 100 годин роботи; 2 – через 25 годин роботи; 3 – через 10 годин

Наведені в таблиці 1 і на рис. 2 результати підтверджують зниження механічних втрат енергії при скороченні часу між доливанням мастила в обсяг циркуляційної системи.

Для визначення впливу ПАР на механічні втрати суднових середньообертових дизелів експерименти отримали наступне продовження [3]. Як і в попередній серії експериментів, дизелі експлуатувалися на рівновеликому навантаженні (250...750)±(15...45) кВт, однакову кількість часу 12...15 годин/добу.

Технологічна послідовність проведення експериментів полягала в наступному. Перший дизель був «контрольним», і після заміни мастила в його системі мащення інших технічних заходів з ним не проводилося, і відповідно до вимог заводу-виготовлювача його експлуатація здійснювалася протягом 100 годин роботи без проміжного поповнення мастила в системі. За цей період експлуатації кількість мастила в циркуляційній системі дизеля не знижувалась нижче гранично допустимого значення. Система мащення другого дизеля поповнювалася свіжим мастилом через кожні 10 годин роботи до верхнього рекомендованого в картері дизеля, що відповідало максимально можливому обсягу мастила в системі. Даний період поповнення було визначено в якості оптимального під час проведення попередніх експериментів. Система мащення третього дизеля спочатку заповнювалася мастилом з поверхнево активною присадкою (ПАП), що містить у своєму складі солі міді. Оптимальна концентрація присадки становила 0,1 % від обсягу мастила в системі мащення і була встановлена за допомогою попередніх оптичних і триботехнічних досліджень [3]. Крім того, через кожні 10 годин роботи здійснювалося поповнення циркуляційної системи мащення даного дизеля мастилом з такою ж концентрацією ПАП, як і в загальному обсягу системи, що забезпечувалося і контролювалося за допомогою дозуючого пристрою і витратоміра (позиції 5 і 6 на рис. 1).

Аналогічно попередній серії експериментів, для кожного дизеля в діапазоні навантажень (0,35...0,8)$N_{e\text{ном}}$ виконувалося визначення механічного ККД. Результати цих експериментів наведені в таблиці 2 та надані на рис. 3.

Таблиця 2. Зміна механічного ККД суднових дизелів 6EY22AW фірми Yanmar за різних умов експлуатації

Умови експлуатації	Навантаження на двигун			
	$0{,}35N_{e\text{ном}}$	$0{,}5N_{e\text{ном}}$	$0{,}65N_{e\text{ном}}$	$0{,}8N_{e\text{ном}}$
Робота системи в штатному режимі (поповнення через 100 годин)	0,743	0,803	0,842	0,872
Поповнення системи через 10 годин роботи	0,823	0,837	0,873	0,891
Поповнення системи через 10 годин роботи і добавка ПАП	0,852	0,864	0,887	0,906

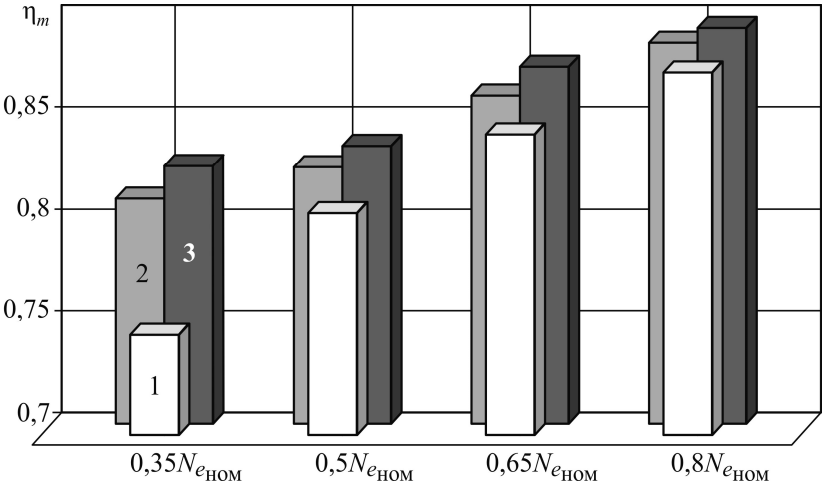


Рис. 3. Зміна механічного ККД суднового дизеля 6EY22AW фірми Yanmar за різної інтенсивності доливання мастила:
1 – робота системи мащення в штатному режимі; 2 – поповнення системи мащення через 10 годин роботи; 3 – поповнення системи мащення через 10 годин роботи і додавання поверхнево активної присадки

Висновки і перспективи подальших досліджень. Із цілого ряду методів зниження механічних втрат у суднових середньообертових дизелях найбільш прийнятними для суднових умов (з технологічної та фінансової точки зору) є використання оптимального доливання мастила в систему циркуляційного мащення і застосування поверхнево активних речовин. Перший (доливання мастила) рекомендовано заводом-виготовлювачем, але, як правило, розроблено для номінального режиму роботи дизеля за умови його експлуатації за стандартних умов. Другий (застосування присадок) не має широкого розповсюдження через необхідність додаткових досліджень та розробки спеціальних рекомендацій, що враховують особливості експлуатації дизелів на різних експлуатаційних режимах, а також у випадках зміни одного сорту палива на інший.

Зниження механічних втрат оцінюється прямо-пропорційним зростанням механічного ККД дизеля. Цей параметр при роботі дизеля 6EY22AW без вико-

ристання ПАП у циркуляційній системі мащення та при нормативному терміні поповнення системи мастилом дорівнює 80,3±0,2 %. Вибір оптимального режиму поповнення циркуляційної системи, а також додавання в загальний обсяг циркуляційної системи поверхнево-активної присадки з оптимальною концентрацією (визначення якої здійснюється попередніми лабораторними дослідженнями), сприяє збільшенню механічного ККД дизеля – тобто зниженню механічних втрат та збільшенню ефективної потужності.

При оптимальному поповненні циркуляційної системи (яке відповідно до експериментальних досліджень складає 10 годин) та додаванням до обсягу циркуляційної системи мащення ПАП (з оптимальною концентрацією 0,1 % за загальним обсягом системи) можливо 5,8…11,1 %-е зниження механічних втрат, що для суднового дизеля 6EY22AW забезпечує досягнення значення механічного ККД на рівні 89,1±0,2 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сагин С. В. Определение триботехнических характеристик поверхностей по степени упорядоченности пристенных слоев углеводородных жидкостей / С. В. Сагин, Ю. В. Заблоцкий // Проблеми техніки : наук.-виробн. журнал. – 2011 . – № 3. – Одесса: ОНМУ. – С. 78-88.

2. Sagin S. V. Estimation of Operational Properties of Lubricant Coolant Liquids by Optical Methods / S. V. Sagin, V. G. Solodovnikov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – Vol. 12. – Num. 19. – P. 8380-8391.

3. Поповский А. Ю. Оценка эксплуатационных свойств смазочно-охлаждающих жидкостей судовых технических средств / А. Ю. Поповский, С. В. Сагин // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сборник. – 2016. – Вып. 22. – С. 66-74.

УДК 629.436

Заблоцький Ю.В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Підвищення економічності роботи суднових дизелів

Постановка проблеми в загальному вигляді. Отримання корисної роботи у будь-якому тепловому двигуні супроводжується витратами палива (рідкого або газоподібного), яке є джерелом енергії. За різними оцінками, витрати на паливо можуть досягати до 35…40 % від загальних витрат на обслуговування суднової енергетичної установки. Використання палива в судновій енергетиці неможливо без його попередньої обробки, при цьому забезпечується видалення з палива механічних домішок та води, а також підтримання необхідної в'язкості палива, за якої можливі його рух у системі та впорскування в циліндр дизеля. Одним із методів підготовки палива до використання є його хімічна обробка, яка забезпечується за рахунок введення в нього паливних присадок [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Використання присадок до палива, як правило, вивчається для автомобільної техніки та стаціонарної енергетики. Можливість запровадження такого методу підготовки палива, як його хімічна обробка (тобто використання присадок) у суднову енергетику обмежується автономністю роботи морських суден та неможливістю безперешкодно отримати необхідні присадки в портах, у яких здійснюється бункеровка. Відсутність окремих танків, заздалегідь призначених для збереження присадок до палива, змушує до їх перевезення в окремих ємностях, що не передбачено обмеженим простором машинного відділення. Усе це негативно впливає не лише на можливість використання присадок до палива, але й на можливість проведення експериментальних досліджень, які сприятимуть визначенню оптимальних режимів їхнього використання [2].

Постановка завдання. На даний момент конструктивне і технологічне виконання суднових дизелів досягло своєї досконалості, що забезпечує мінімальні енергетичні втрати та питомі витрати палива даних типів теплових двигунів порівняно з іншими (паровими котлами та газовими турбінами). Тому використання присадок до палива вважається одним із шляхів підвищення паливної економічності дизелів. У зв'язку з цим метою дослідження було визначення впливу паливних присадок на економічність та експлуатаційні показники роботи суднового дизеля.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження в умовах морського судна дедвейтом 51200 тонн були виконані на судновому дизелі 6N21L фірми Yanmar з наступними основними характеристиками: тип – рядний з водяним охолодженням; 4-тактний, з газотурбінним наддувом; діаметр циліндра – 0,21 м; хід поршня – 0,29 м; частота обертання – 720 $хв^{-1}$ (об/хв); кількість циліндрів – 6; номінальна потужність – 680 кВт.

До складу суднової енергетичної установки входило три названих дизелі, що використовуються в якості дизель-генераторів. Це дозволило два дизелі використовувати для проведення експериментів, а один залишати в якості «контрольного». Схема паливної системи дизелів наведена на рис. 1. Паливна система «контрольного» дизеля (КД) не зазнала модернізації. Паливна система «експериментальних» дизелів (ЕД) дообладнати витратоміром 6 і дозатором присадки 7. Така організація подачі присадки до паливної системи забезпечувала необхідну дисперсію і рівномірний рівень її розчинення в паливі. Під час проведення експерименту концентрація присадки в паливі обиралась з рекомендованого фірмою-виробником діапазону та приймалася рівною 1:2000, 1:4000, 1:6000, 1:8000 до загального обсягу палива, що знаходилось у витратній цистерні.

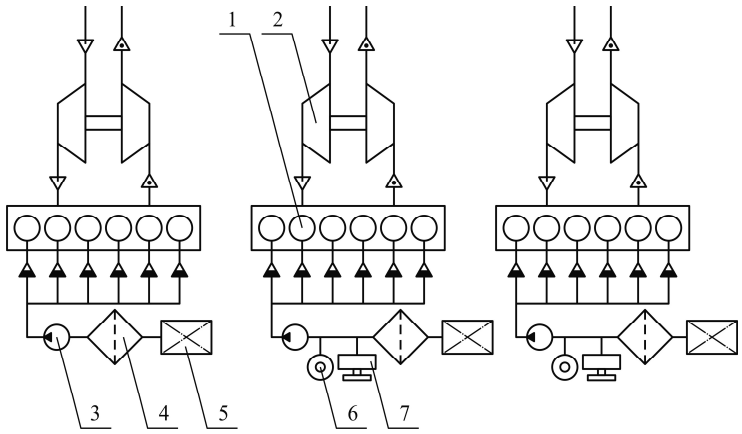


Рис. 1. Паливна система суднового дизеля 6N21L фірми Yanmar (фрагмент):
1 – дизель; *2* – газотурбокомпресор; *3* – насос, що підкачує паливо; *4* – паливний фільтр тонкого очищення; *5* – витратна цистерна; *6* – витратомір; *7* – дозатор присадки

У разі, коли дизелі працювали в паралельному режимі з будь-якої зі схем підключення: КД-ЕД, КД-ЕД-ЕД, ЕД-ЕД, навантаження на кожен з них становило N_e=300...600 кВт і підтримувалося на однаковому рівні з відхиленням ±10 кВт [4].

Потужність дизелів N_e визначалася за виразом $N_e=N_g/\eta_g$ (де N_g – потужність генератора, кВт, η_g – коефіцієнт корисної дії генератора). Значення N_g знімалося з ватметра, розташованого на панелі керування дизель-генератора, а величина η_g приймалася з паспортних характеристик дизель-генератора і становила η_g=0,915. Для розрахунку величини питомої ефективної витрати палива b_e за вимірником рівня (розташованим на кожній витратній цистерні) визначалася поточна витрата палива $G_п$ та величина питомої ефективної витрати палива b_e. Було встановлено, що використання палива з присадкою сприяє зниженню даного показника у всьому діапазоні експлуатаційних навантажень (рис. 2).

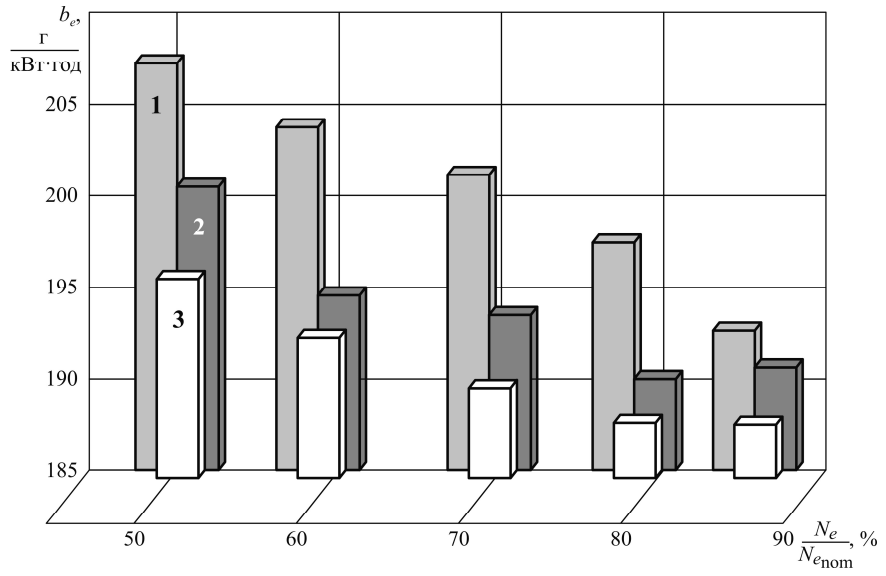


Рис. 2. Зміна питомої ефективної витрати палива b_e суднового дизеля 6N21L при різних значеннях його відносної потужності N_e/N_{enom}:
1 – «контрольний» дизель (без використання паливної присадки);
2, 3 – «експериментальні» дизелі (при використанні паливної присадки з концентрацією 1:2000 і 1:6000 відповідно)

Експериментально отримані результати, що підтверджують зниження питомої ефективної витрати палива із використанням паливних присадок, свідчать про інтенсифікацію процесу сумішоутворення і згоряння палива. Це призводить до більш повного використання його теплотворної здатності та зниження кількості палива, що догоряє на ході розширення і у випускному колекторі. При цьому відзначимо, що для різної концентрації присадки в базовому паливі спостерігається різна величина зниження питомої ефективної витрати палива. На наш погляд, це пояснюється тим, що частина вільних радикалів присадки залишається незадіяною в розриві внутрішньо молекулярних зв'язків палива й активації його горючих складових [4].

Наслідком поліпшення процесу згоряння палива і зміщення його протікання на лінію ізохорного підведення тепла також є зниження температури випускних газів. Це пов'язано з тим, що застосування присадок до палива сприяє перебігу процесу згоряння в циліндрі дизеля не лінією розвитку ланцюгової реакції, що веде до детонації, а лінією розвитку стаціонарного горіння.

Наведені результати свідчать про більш якісне сумішоутворення і згорянння, а також більш повне використанні теплотворної здатності палива з присадкою.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Таким чином, наведені результати дозволяють зробити наступні висновки.

1. Одним із методів покращення експлуатаційних властивостей палива є використання паливних присадок, які можуть вводитися до паливної системи в різних точках: відстійному танку, витратному танку, паливних магістралях, а також перед його безпосередньою подачею в циліндр дизеля (перед паливним насосом високого тиску).

2. Експериментально отримані результати, що підтверджують зниження питомої ефективної витрати палива під час використання паливних присадок, свідчать про інтенсифікацію процесу сумішоутворення і згоряння палива. Це призводить до більш повного використання його теплотворної здатності та зниження кількості палива, що догоряє на ході розширення та у випускному колекторі. При цьому відзначимо, що для різної концентрації присадки в базовому паливі спостерігається різна величина зниження питомої ефективної витрати палива. На наш погляд, це пояснюється тим, що частина вільних радикалів присадки залишається незадіяною в розриві внутрішньо молекулярних зв'язків палива й активації його горючих складових. Експериментально підтверджено, що під час використання паливних присадок на різних режимах роботи суднового чотиритактного дизеля можливо досягти зниження питомої витрати палива від 2,6 до 4,8 %. При цьому максимальне підвищення паливної економічності відбувається в діапазоні 50...60 % навантаження дизеля, тобто режимів, що характеризуються найбільшим експлуатаційним періодом роботи, а також підвищеною тепловою напруженістю.

3. Концентрація присадки має оптимальне значення, визначається експериментально і залежить від характеристик дизеля і використовуваного палива. Визначення оптимальної концентрації можливе безпосередньо на судновому

дизелі відповідно до розроблених технологічних схем та з використанням запропонованих рекомендацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сагин С. В. Применение ультразвуковой обработки топлива для снижения сернистого износа двигателя / С. В. Сагин, Солодовников В. Г. // Технические науки — от теории к практике. Сб. ст. по материалам XXXV междунар. науч.-практ. конф. № 6 (31). – Новосибирск : «СибАК», 2014. – С.42-48.

2. Zablotsky Yu. V. Enhancing Fuel Efficiency and Environmental Specifications of a Marine Diesel When using Fuel Additives / Yu. V. Zablotsky, S. V. Sagin // Indian Journal of Science and Technology, Published by Indian Society of Education and Environment. – December 2016. – Vol. 9. – Iss. 46. – P. 353-362. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i46/107516.

3. Спиркин В. Г. Экологические проблемы применения топлив с присадками / В. Г. Спиркин, И. И. Ткачев, П. А. Татарышкина // Вестник национального авиационного университета, 2009. – Т. 1. – № 38. – С. 68-79.

4. Заблоцкий Ю. В. Повышение топливной экономичности и экологических параметров работы судовых дизелей при использовании присадок к топливу / Ю. В. Заблоцкий, А. А. Куропятник // Austria-science, 2017. – № 2.– С. 83-88.

УДК 621.829

Мацкевич Д. В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Забезпечення реологічної стійкості суднових моторних мастил

Постановка проблеми в загальному вигляді. Під час експлуатації двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) морських і річкових суден здійснюється безперервний і періодичний контроль не тільки показників, що характеризують робочий цикл дизеля (тиску і температури в характерних точках, частоти обертання, потужності, температури випускних газів), але також експлуатаційних і реологічних характеристик моторного мастила [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У зв’язку зі збільшенням тиску і температури циклу, підвищенням крутного моменту, зміною конструкції, ускладненням умов експлуатації, підвищенням часу роботи сучасних дизелів на максимальних навантаженнях умови роботи мастил як в лубрикаторних, так і в циркуляційних системах мащення, стали більш жорсткими. Водночас терміни заміни мастил безперервно збільшуються завдяки поліпшенню їх експлуатаційних властивостей. Визначення оптимальної періодичності заміни мастил є трудомісткою тривалою роботою, спочатку визначається заводом-виробником, коригується за результатами експлуатації та тягне за собою фінансові та експлуатаційні витрати [2]. Тому актуальним є розв’язання завдання регенерації експлуатаційних характеристик мастила в процесі його експлуатації [3].

Постановка завдання. Повна заміна мастила в суднових умовах вимагає виведення двигуна з експлуатації, причому цей період включає не тільки саму процедуру заміни мастила, але й очищення поверхонь тертя від експлуатаційних забруднень. Виконання цього завдання для головних двигунів відбувається під час стоянки судна і може бути заздалегідь заплановано з урахуванням рейсового завдання, характеристик вантажу і майбутніх вантажних операцій. У зв'язку з постійною зміною навантаження суднової електростанції для дизелів, що виконують функції допоміжних, тривалий виведення з експлуатації спрогнозувати досить важко. Тому для їх систем мащення найбільш ефективним є процес періодичного доливання мастила. З урахуванням вищевикладеного метою дослідження було визначення оптимальних термінів заміні чи поповнення мастилом об'ємів системи мащення, які сприятимуть регенерації та підтриманню у встановлених межах експлуатаційних характеристик моторного мастила.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження виконувалися для суднового моторного мастила Castrol TPL 203 з наступними основними характеристиками:

- клас в'язкості за SAE – 30,
- густина при 15°С – 920 кг/м^3;
- в'язкість при 40°С – 102 сСт;
- лужне число – 20 мгKOH/г;
- призначення – забезпечення змащування циліндро-поршневої групи і кривошипно-шатунного механізму тронкових двигунів при їх роботі на важкому паливі.

Мастило Castrol TPL 203 використовувалося в циркуляційній мастильній системі суднових дизелів 6EY22AW фірми Yanmar, що мають такі основні характеристики:

- тип – чотиритактний;
- число циліндрів – 6 (розташування рядне);
- номінальна потужність – 885 кВт;
- частота обертання – 900 об/хв;
- діаметр циліндра – 220 мм;
- хід поршня – 320 мм.

У таблиці 1 наведені дані щодо зміни експлуатаційних і реологічних характеристик мастила. При цьому параметр «реологічна стійкість» визначається як збільшення в'язкості у граничному шарі мастила порівняно з об'ємною в'язкістю і не входить до числа параметрів, рекомендованих для моніторингу фірмою виробником.

Таблиця 1. Зміна експлуатаційних та реологічних характеристик моторного мастила Castrol TPL 203 під час експлуатації

Показник	Базове значення	Час експлуатації, години			
		25	50	75	100
В'язкість (кінематична) при 50°С, сСт	102	109	114	118	121
Реологічна стійкість,%	+10,36	+8,76	+6,38	+5,95	+5,44
Густина при 20°С, кг/м^3	920	897	881	853	846

Як видно з таблиці 1, значення всіх параметрів погіршуються і з плином часу та наближаються до максимально допустимих бракувальних показників. Таким чином, підтримка регламентованого часу доливання мастила в систему виводить двигун на межу надійної роботи системи, а в критичній ситуації може призвести до аварії. Саме тому виникає необхідність пошуку оптимальних термінів поповнення мастильної системи новим мастилом [4].

У зв'язку з цим під час досліджень ставилося завдання раціонального збільшення частоти доливання мастила в систему, яка визначалася шляхом контролю експлуатаційних і реологічних характеристик мастила. Його розв'язання здійснювалося безпосередньо в суднових умовах, при цьому допоміжна енергетична установка судна складалася з трьох однотипних дизелів 6EY22AW фірми Yanmar, що дало можливість проведення паралельних експериментів з різною інтенсивністю поповнення мастила в об'єм циркуляційної системи.

Схема суднової циркуляційної системи мащення дизелів 6EY22AW фірми Yanmar, що відповідає проведеним експериментам, показана на рис. 1.

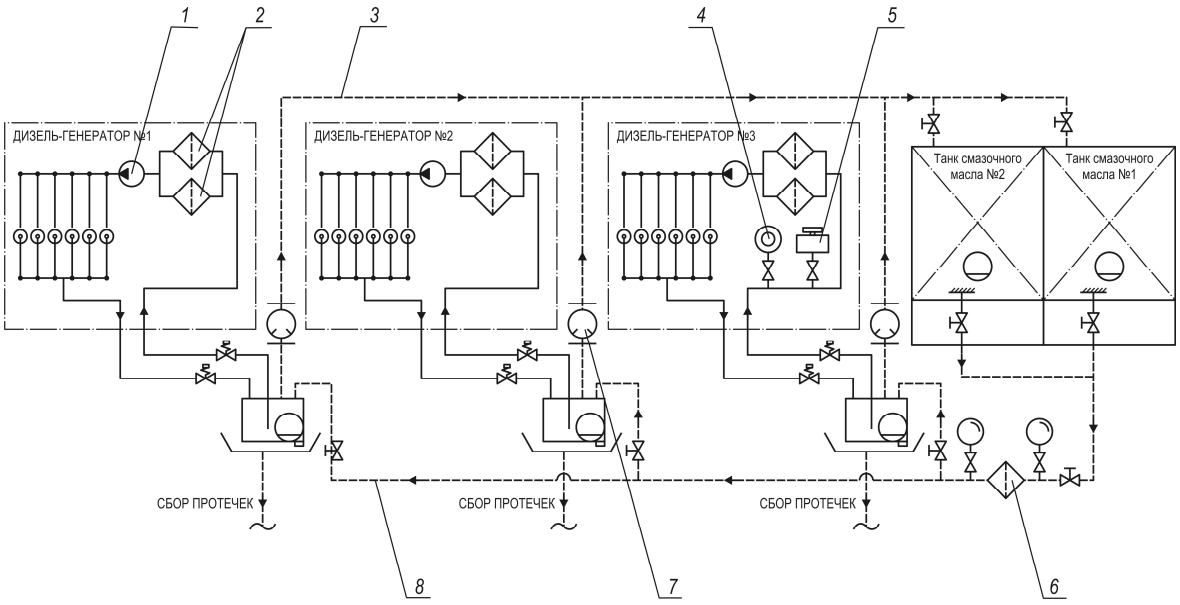


Рис. 1. Схема модернізації циркуляційної системи мащення суднових дизелів 6EY22AW фірми Yanmar під час проведення експерименту:
1 – мастильний насос; 2 – мастильний фільтр тонкого очищення; 3 – магістраль відведення парів мастила і повітря; 4 – витратомір; 5 – дозатор присадки; 6 – мастильний фільтр грубого очищення; 7 – відділювач мастила; 8 – магістраль підведення мастила

Дизелі працювали навперемінки з практично однаковим навантаженням, діапазон якої змінювався в досить широких межах (250...750 кВт), з однаковим часом експлуатації протягом доби (12...15 годин). Перший дизель-генератор залишався «контрольним» і зміни в частоті доливання мастила в систему на ньому не проводилися. Таким чином, даний дизель працював 100 годин без поповнення системи мащення. За даний період часу кількість мастила в системі не опускалася нижче граничного рівня, а експлуатація двигуна проводилася з дотриманням усіх вимог, що пред'являються. У систему мащення другого дизель-генератора мастило до верхнього допустимого рівня доливалось через кожні 25 годин роботи. У систему мащення третього – через кожні 10 годин при одночасному додаванні поверхнево-активної присадки [2]. Резуль-

тати, що отримані під час експерименту, наведені на рис. 2, на якому зміна параметрів наведена у відсотках.

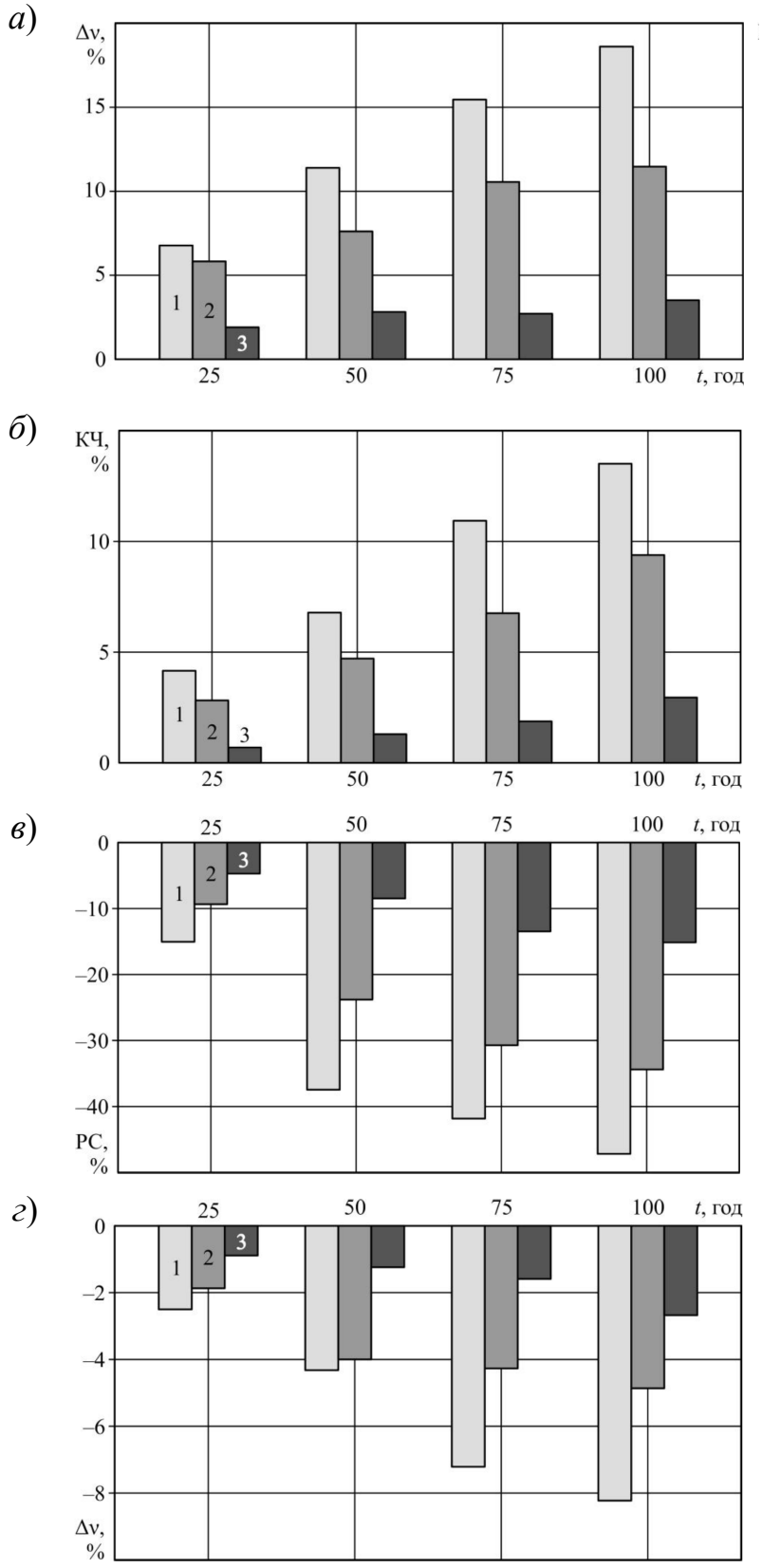


Рис. 2. Зміна характеристик моторного мастила під час експлуатації при різній інтенсивності доливання мастила:

1 – через 100 годин роботи; 2 – через 25 годин роботи; 3 – через 10 годин роботи з додаванням поверхнево-активної присадки;

а) в'язкість; б) кислотне число; в) реологічна стійкість; г) густина

Висновки і перспективи подальших досліджень. З наведених результатів можна зробити наступні висновки.

1. При інтервалі доливання мастила 100 годин (час, який рекомендується заводом-виробником) в'язкість мастила поступово збільшує до 18,63 % (при максимально можливому збільшенні цього показника 20 %), що виводить дизель на межу надійної роботи. Аналогічна тенденція спостерігається з іншими реологічними показниками моторного мастила – густиною, кислотним числом, реологічною стійкістю.
2. Збільшення інтенсивності доливання мастила сприяє більш повільному відхиленню основних якісних показників моторного мастила від базового значення, насамперед в'язкості, яка при зміні інтенсивності доливання зі 100 до 25 годин зростає на 11,76 %.
2. Найбільш ефективним способом регенерації експлуатаційних та реологічних характеристик моторного мастила є скорочення інтенсивності доливання мастила до 10 годин з одночасним використання поверхнево-активної присадки. При цьому зростання в'язкості здійснюється лише на 3,92 % при знаходженні інших показників (реологічної стійкості, густини та кислотного числа) у діапазоні рекомендованих та можливих значень.
3. Слід також відзначити кращий технічний стан основних поверхонь дизелів, що мають більш інтенсивний долив мастила. Наприклад, під час проведення планових моточисток дизелів було встановлено, що деталі циліндрової групи і підшипників руху «експериментальних» дизелів мають менші утворення нагарів і шорсткість поверхонь ніж «контрольний» дизель, що свідчить про більш якісний процес їх мащення.
4. Наведені результати свідчать про позитивний вплив збільшення інтенсивності доливання мастила в систему мащення з одночасним використанням поверхнево-активної присадки на його експлуатаційні характеристики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Поповский А. Ю. Комплексная оценка эксплуатационных характеристик смазочных углеводородных жидкостей / А. Ю. Поповский, С. В. Сагин // Автоматизация судовых технических средств : науч.-техн. сборник. – 2014. – Вып. 20. – С. 74-83.

2. Sagin S. V. Estimation of Operational Properties of Lubricant Coolant Liquids by Optical Methods / S. V. Sagin, V. G. Solodovnikov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – Vol. 12. – Num. 19. – P. 8380-8391.

3. Мацкевич Д. В. Диагностирование структурного состояния углеводородных жидкостей по их электрической прочности / Д. В. Мацкевич,

С. В. Сагин // Проблеми техніки : наук.-виробн. журнал, 2012. – № 2. – Одесса : ОНМУ. – С. 38-46.

4. Мацкевич Д. В. Поновлення реологічних характеристик мастильних матеріалів суднових дизелів / Д. В. Мацкевич // Суднові енергетичні установки : наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 38. – Одеса : НУ «ОМА». – С. 116-126.

УДК 621.629

Куропятник А.А.
Національний університет «Одеська морська академія»

Обеспечение экологических показателей работы энергетических установок морских судов

Главной задачей эксплуатации морских судов (как любого транспортного процесса) является получение коммерческой прибыли, которая достигается за счет перевозки грузов или пассажиров. При этом возникает необходимость не только в обеспечении сохранности, качества и сроков доставки грузов, а также создания комфортных условий отдыха пассажиров, но и в поддержании требуемых экологических показателей работы судовой энергетической установки. Эксплуатация морских и речных судов выполняется при строгом обеспечении требований международной конвенции MARPOL, Приложение IV которой регламентирует уровень загрязнений воздушной среды вредными выбросами, содержащимися в выпускных газах, в том числе оксидами азота – NOX.

Обеспечение требований Приложения IV MARPOL для вновь строящихся судов (а также для судов, введенных в эксплуатацию после 01.01.2016 г.) невозможно без использования дополнительных технологических решений, к которым относятся:

- каталитическое восстановление окислов азота до элементарного азота с помощью добавок аммиака или мочевины;
- дополнительное увлажнение наддувочного воздуха;
- применение водотопливных эмульсий и прямого впрыска воды в цилиндр дизеля;
- частичный или полный переход на сжиженный природный газ;
- управление выпускными газами путем их перепуска или рециркуляции [1, 2].

Первоначальное использование системы рециркуляции выпускных газов – Exhaust gas recirculation (EGR), осуществлялось на автомобильном транспорте для бензиновых двигателей небольшой мощности, а также дизельных авиационных двигателей. В настоящее время данный способ снижения эмиссии NO_X начал активно использоваться в судовых энергетических установках. Конструктивно система EGR реализуется с помощью внешнего газохода, соединяющего выпускной коллектор и продувочный ресивер. Продукты сгорания, проходя по системе рециркуляции, охлаждаются. Это обеспечивает лишь минимальное увеличение удельного объема смеси свежего воздуха, нагнетаемого воздушным компрессором, и продуктов сгорания, поступающих по системе

рециркуляции. Эффект от подмешивания к свежему воздушному заряду отработавших газов (продуктов сгорания с низкой температурой) при этом можно рассматривать как разбавление свежей смеси инертным газом, в основном состоящим из диоксида углерода CO_2 и паров воды H_2O. Эти продукты имеют высокую теплоемкость и эффективно отбирают тепло из зоны реакции, уменьшая ее температуру, что и обеспечивает снижение выбросов оксидов азота NO_X с выпускными газами [3].

В последнее десятилетие системы рециркуляция отработавших газов активно применяются в судовой энергетике для снижения токсичности отработавших газов (в основном для снижения концентрации оксидов азота NO_X в выпускных газах судовых дизелей). Данными системами оборудуются как главные судовые двигатели, передающие мощность непосредственно на гребной винт, так и мощные вспомогательные двигатели, обеспечивающие энергией судовую электростанцию. Математическое моделирование процессов газообмена и сгорания при использовании системы EGR сопряжено с необходимость учета сложных явлений тепломассопереноса, при этом полученные результаты не учитывают техническое состояние как самого дизеля и его топливной аппаратуры, так и системы EGR. Поэтому совершенствование системы EGR и выбор наиболее оптимальных режимов ее эксплуатации целесообразно осуществлять на базе экспериментальных данных, полученных непосредственно при эксплуатации систем EGR, уже установленных на двигателях внутреннего сгорания морских судов [4].

Комплекс исследований (в результате которых было определено влияние процесса рециркуляции выпускных газов на экологические, энергетические и экономические показатели работы двигателя внутреннего сгорания) выполнялся на судовом малооборотном дизеле 7UEC60LS Mitsubishi, оборудованном системой ERG.

Принципиальная схема дизеля 7UEC60LS Mitsubishi с системой ERG показана на рис. 1.

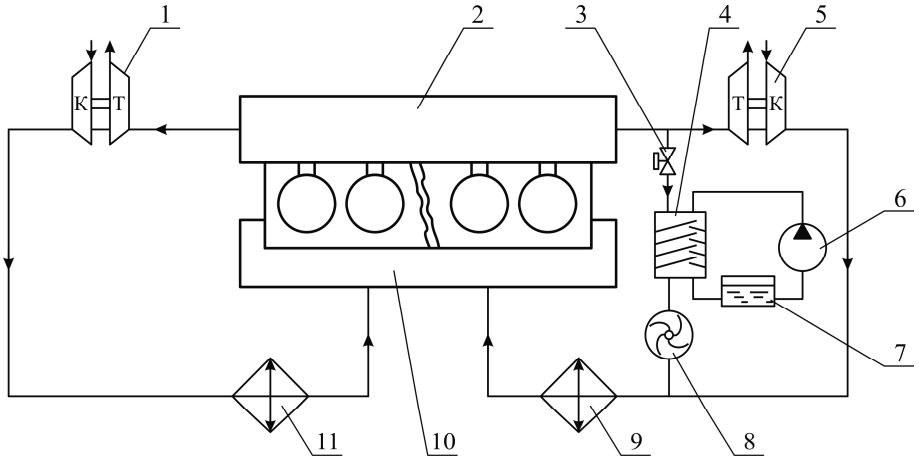


Рис. 1. Принципиальная схема системы ERG судового дизеля 7UEC60LS Mitsubishi:

1, 5 – газотурбонагетатель; 2 – выпускной коллектор; 3 – управляющий клапан системы рециркуляции выпускных газов; 4 – скруббер; 6 – водяной насос; 7 – водяная цистерна; 8 – газовый нагнетатель с электрическим приводом; 9, 11 – охладитель наддувочного воздуха; 10 –ресивер; К, Т – воздушный компрессор и газовая турбина газотурбонагетателя

Выпускные газы из цилиндров дизеля поступают в общий выпускной коллектор 2 и далее к газотурбонагнетателям 1 и 5, после чего через газовыпускную трубу удаляются в атмосферу. Газотурбонагнетатели забирают воздух из машинного отделения и после сжатия направляют его через охладители 9 и 11в воздушный (продувочный) ресивер 10. При этом газотурбонагнетатель 5 оборудован системой рециркуляции выпускных газов, которая состоит из управляющего клапана 3, скруббера очистки газов 4, газового нагнетателя 8, водяной цистерны 7 и водяного насоса 6. В случае использования системы рециркуляции выпускных газов их количество регулируется клапаном 3. Выпускные газы очищаются и предварительно охлаждаются в скруббере 4, после чего дополнительным нагнетателем 8 подаются на смешение с воздухом (поступающим из газотурбонагнетателя 5) и поступают к охладителю 9, воздушному ресиверу 10 и далее в цилиндр дизеля. Газовый нагнетатель 8 – вентилятор с постоянной геометрией проходного сечения.

Исследования выполнялись на следующих эксплуатационных режимах работы дизеля: Ne=0,25Neном, Ne=0,5Neном, Ne=0,75Neном, Ne=Neном (где Neном=12600 кВт – номинальная мощность дизеля). Контроль и регулирование значения эффективной мощности осуществлялся с помощью судовой системы диагностики Doctor, обеспечивающей точность поддержания значения с отклонением не более ±1,5%. При этом на любом из режимов дизель работал не менее 3…5 часов, что обеспечивало установившееся тепловое состояние и постоянный диапазон измеряемых параметров.

Степень рециркуляции выпускных газов во время экспериментов варьировалась в диапазоне 0…21 % путем изменения потока газов, возвращаемых в воздушный ресивер дизеля (с помощью клапана 3, управляемого контроллером – рис. 1). Результаты исследований, отражающие изменение концентрации оксидов азота в выпускных газах в зависимости от нагрузки дизеля и степени рециркуляции, приведены на рис. 2.

Эффективность использования системы EWG для каждого из режимов работы дизеля возможно определить оценив площадь под кривой NOX=f(EGR. Для зависимостей, показанных на рис. 2, это значение составляет: $S_{0,25}^{\mathrm{NO_X}} = 22{,}02;\ S_{0,5}^{\mathrm{NO_X}} = 27{,}79;\ S_{0,75}^{\mathrm{NO_X}} = 33{,}02;\ S_{1,0}^{\mathrm{NO_X}} = 38{,}70.$ Также на рис. 2 указана предельно допустимая для рассматриваемого дизеля концентрация оксидов азота в выпускных газах $\mathrm{NO}_{\mathrm{X\,max}} = 14{,}4\ \text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$.

Использование системы EGR изменяет стехиометрическое соотношение топливо-воздух, что снижает температуру сгорания и приводит к уменьшению эмиссии NOX. Одновременно с этим на 1,4…2.88% (в зависимости от нагрузки дизеля) увеличивается удельный эффективный расход топлива и происходит снижение эффективной мощности дизеля [5].

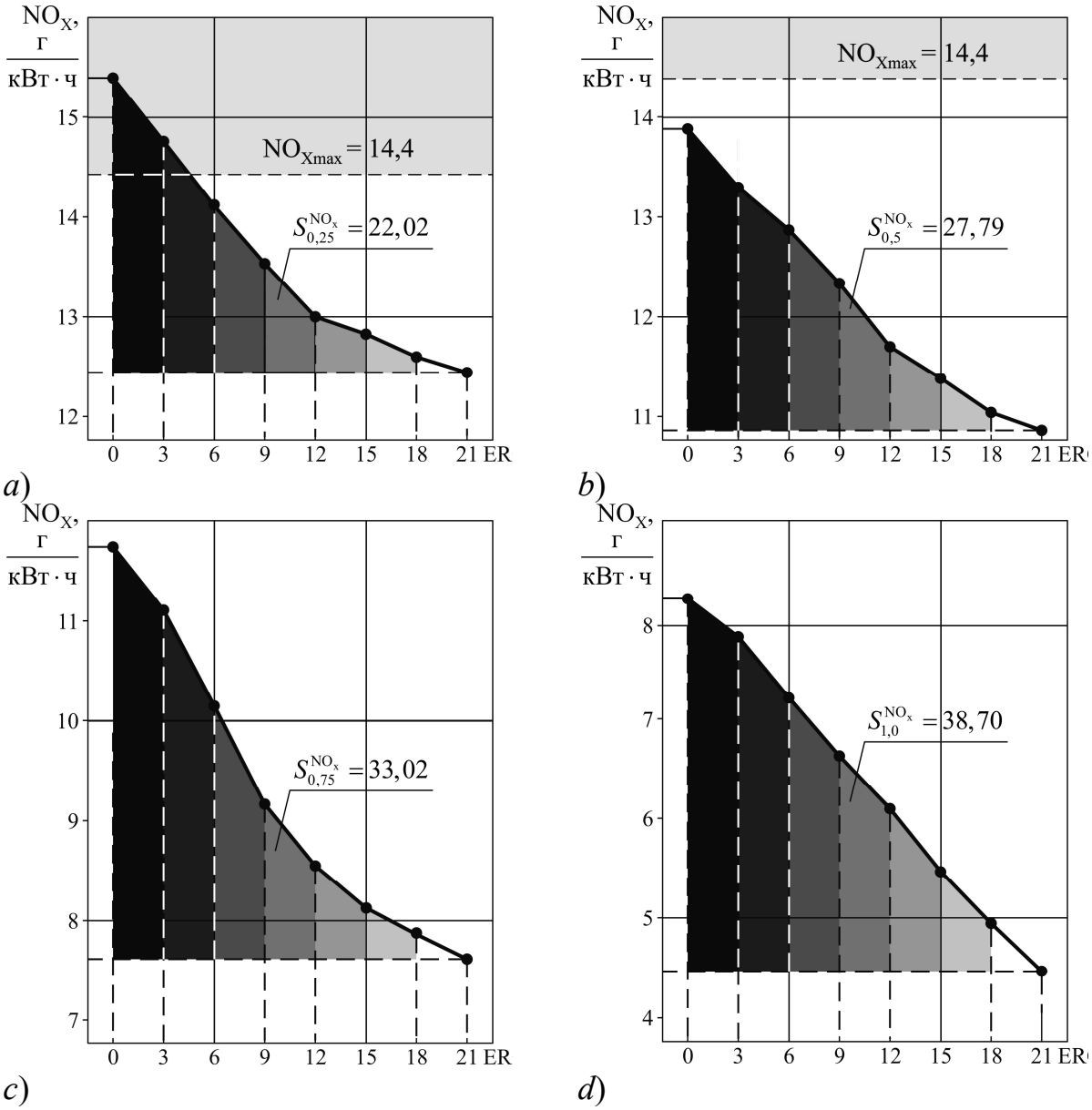


Рис. 3. Изменение эмиссии NO_X в зависимости от степени EGR при различных нагрузках судового дизеля 7UEC60LS Mitsubishi:

a – N_e=0,25$N_{e\text{nom}}$; *b* – N_e=0,5$N_{e\text{nom}}$; *c* – N_e=0,75$N_{e\text{nom}}$; *d* – N_e=$N_{e\text{nom}}$

Анализ результатов проведенных исследований позволяет сделать следующие выводы.

1. Для судовых малооборотных дизелей в качестве метода, обеспечивающего выполнение требований Приложения VI MARPOL, может использоваться система рециркуляции выпускных газов (система EGR), при которой часть продуктов сгорания возвращается в цилиндр дизеля.

2. Использование системы EGR способствует снижению уровня эмиссии NO_X в выпускных газах. В диапазоне изменения EGR 3…21 % при нагрузке 0,25$N_{e\text{ном}}$ снижение эмиссии NO_X составляет 4,04...18,63 %; при нагрузке 0,5$N_{e\text{ном}}$ – 3,90…21,93 %; при нагрузке 0,75$N_{e\text{ном}}$ – 5,57…34,53 %; при номинальной нагрузке – 3,91…45,72%. При этом на эксплуатационном режиме, соответствующем 25-ти %-ой нагрузке при условии работы дизеля без использо-

вания системы EGR, а также в диапазоне работы EGR ≈0…5 % уровень эмиссии оксидов азота превышает предельно допустимые.

3. Выбор оптимальных режимов работы системы EGR, как одного из способов обеспечения требований Приложения VI MARPOL по ограничению эмиссии NO_X, должен производиться путем комплексной оценки следующих параметров работы дизеля: количество NO_X в выпускных газах, увеличение удельного эффективного расхода топлива, снижение эффективной мощности дизеля. В качестве оптимальной степени EGR следует принимать значения, которым соответствует максимальное снижение эмиссии NO_X при минимальном повышении экономических показателей работы судового пропульсивного комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sagin S. V. The Use of Exhaust Gas Recirculation for Ensuring the Environmental Performance of Marine Diesel Engines / S. V. Sagin; O. A. Kuropyatnyk // OUR SEA : International Journal of Maritime Science & Technology. – June 2018. – Vol. 65. – № 2. – P. 78 - 86. doi.org/10.17818/NM/ 2018/2.3.

2. Kuropyatnyk O. A. Exhaust Gas Recirculation as a Major Technique Designed to Reduce NOx Emissions from Marine Diesel Engines / O. A. Kuropyatnyk, S. V. Sagin // OUR SEA : International Journal of Maritime Science & Technology. – 2019. – Vol. 66. – № 1. – P. 1 - 9. https://doi.org/ 10.17818/NM/2019/1.1.

3. Kuropyatnyk O. A. Ensuring environmental performance indicators of marine diesel engines / O. A. Kuropyatnyk // Materials of the International Conference “Scientific research of the SCO countries: synergy and integration”. Part 1. August 31, 2019. Beijing, PRC. – P. 146-153. DOI. 10.34660/INF.2019. 15.36259.

4. Kuropyatnyk O. A. Selection of optimal operating modes of exhaust gas recirculation system for marine low-speed diesel engines / O. A. Kuropyatnyk // Materials of the International Conference “Process Management and Scientific Developments” (Birmingham, United Kingdom, January 16, 2020. Part 4). – P. 203-211. DOI. 10.34660/INF.2020.4.52992.

5. Kuropyatnyk O. A. Reducing the emission of nitrogen oxides from marine diesel engines / O. A. Kuropyatnyk // Materials of the International Conference “Scientific research of the SCO countries: synergy and integration January 25, 2020. Part 2. Beijing, PRC. – P. 154-160. DOI. 10.34660/INF. 2020.24.53689.

УДК 629.436

Ткаченко І. В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Розробка технології розділення і очищення вод, що містять нафту

Постановка проблеми в загальному вигляді. На даний час під час експлуатації всіх типів суден постає проблема виникнення, збору, зберігання і подальшої переробки вод, що містять нафту (ВМН). Сепарація таких вод, до складу яких в основному входять невикористані в теплових двигунах (дизелях,

котлах і турбінах) важкі фракції палива і мастила, є складним технологічним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Усі відомі методи, які розроблені для очищення ВМН та які використовують густинну стратифікацію і механічне розділення, характеризуються невисокою якістю очищення і можуть застосовуватися тільки на стадії попередньої сепарації [1]. З іншого боку, методи, які забезпечують значення концентрації нафтопродуктів на виході з системи очищення менше 15 мг/л, характеризуються одним загальним недоліком – складністю своєї технічної реалізації і великими витратами (економічними, енергетичними, матеріальними) на поточне обслуговування [2].

Постановка завдання. Таким чином, незважаючи на велику кількість досліджень та технологічних рішень, що забезпечують очищення ВМН, існує нерозв'язана проблема – відсутність метода очищення, за допомогою якого можливо забезпечити остаточну концентрацію нафтопродуктів менш ніж 15 мг/л при одночасній мінімальній витраті енергії на цю технологічну операцію.

Виклад основного матеріалу дослідження. Типовими складовими суднових ВМН є нафта і її важкі компоненти [3]. У загальному випадку вони являють собою розчин високомолекулярних сполук у низькомолекулярних. У суміші з водою вони є звичайною дисперсною системою.

На процес розподілу суднових ВМН у статичному режимі на складові впливає багато чинників – концентрація, розміри частинок, їх механізм взаємодії між собою. У такій дисперсній системі, як суднові ВМН, дисипація енергії, яка спричиняється опором сил в'язкісного походження, зазвичай витрачається за такими трьома напрямками:

• зміна в'язкості, яка проявляється в дисперсному середовищі;

• компенсація взаємодії дисперсійного середовища, що рухається зі зваженими частинками;

• компенсація структурних змін, які спричиняються взаємодією частинок дисперсної фази.

Проведений аналіз головних компонент суднових ВМН, їх основних реологічних властивостей, а також методів і пристроїв, що застосовуються для їхнього зберігання, транспортування та переробки, вказав на необхідність розробки принципово нової технології щодо їх відділення від основної водної компоненти. Одним із варіантів подібного підходу може бути використання та управління основними гідромеханічними характеристиками рухомого середовища. Перевага пропонованого гідродинамічного підходу є перспективною і з економічної точки зору. Енергетичні витрати на гідромеханічне емульгування води з нафтопродуктами в 10...15 разів менше, ніж під час використання технології ультразвукової кавітації [4].

Під час проведення експериментів необхідно вивчити характер руху потоку всередині двох каналів, загальна схема яких представлена на рис. 1.

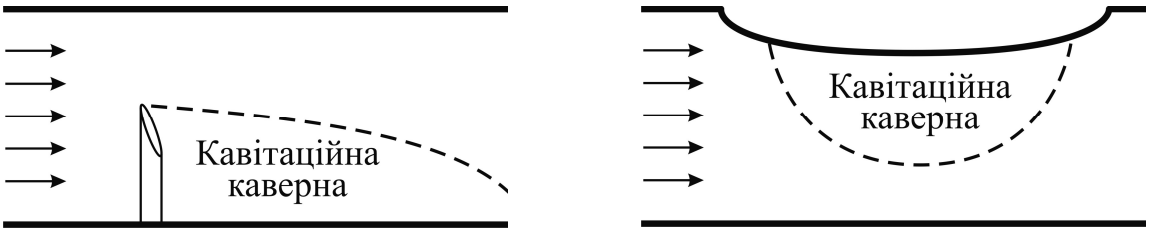


Рис. 1. Форми прохідного перетину кавітатора

У другому випадку каверна має утворюватися на увігнутій стінці каналу за рахунок локальної зміни градієнта тиску за довжиною. Один із варіантів координатних характеристик верхньої стінки такого каналу показаний на рис. 2. При цьому нормування координат проводилося на радіус вхідного каналу R і половину довжини l увігнутої частини. Поздовжня вісь координат збігається з нижньою стінкою, а вертикальна проходить через початок зміни кривизни верхньої стінки.

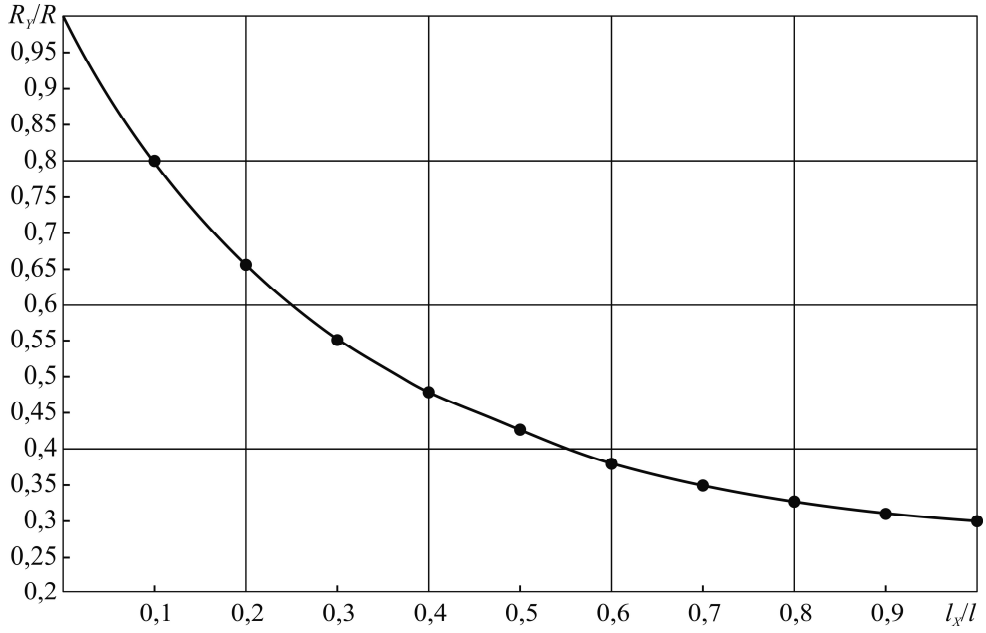


Рис. 2. Координатні характеристики каналу

З метою розв’язання зазначених проблем була розроблена установка, принципова схема якої показана на рис. 3. Принцип її роботи заснований на автоматичному контролі і регулюванні основних гідродинамічних характеристик потоку суднових ВМН, які циркулюють по замкненому контуру [3].

Установка працює в такий спосіб: до сервісного танка 1 суднові ВМН надходять з різних технологічних ділянок судна. До основного переліку таких ділянок відносяться: носові, кормові та центральні колодязі, різні танки для збору залишків палива і мастила, а також танки збору промивної води (у разі її використання на суднах, що перевозять нафтопродукти).

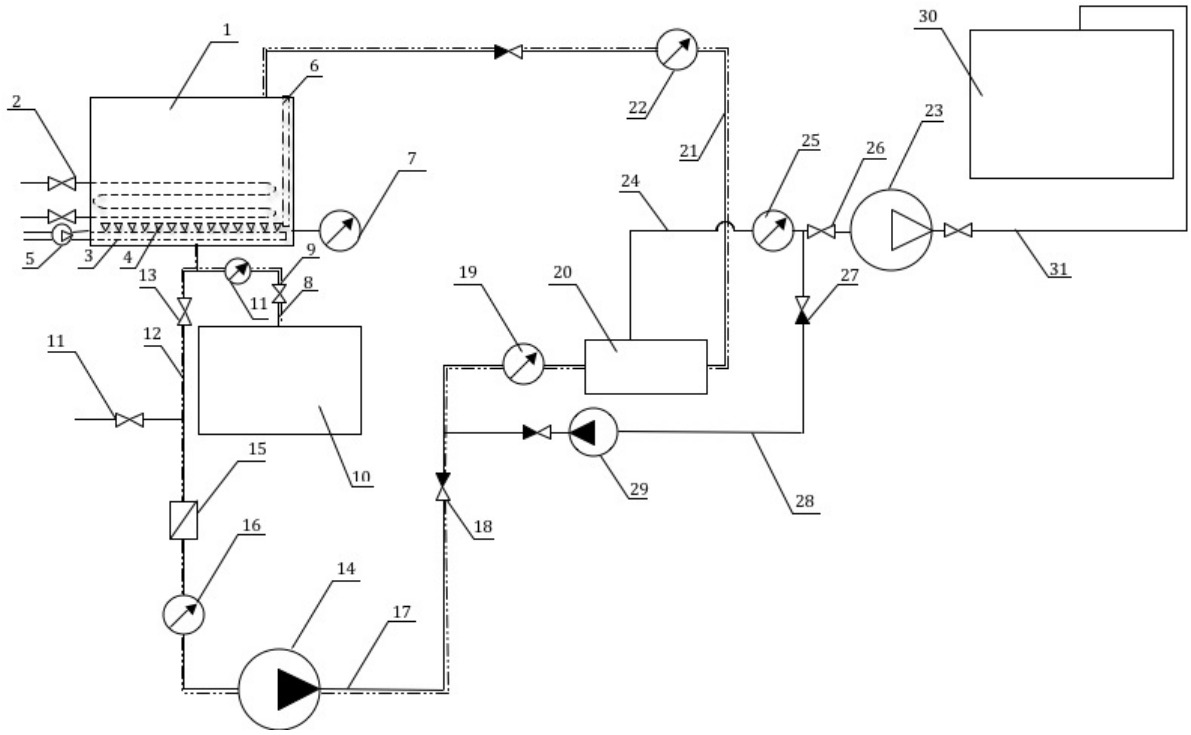


Рис. 3. Принципова схема суднової установки з очищення ВМН:
1 – сервісний танк; 2 – змійовиковий підігрівач; 3 – повітряний трубопровід;
4, 9, 13, 18, 26, 27 – автоматичний клапан; 5, 23 – компресор; 6 – поплавковий рівнемір;
7 – термометр; 8, 17, 21, 24, 28, 31 – трубопровід; 10 – збірний танк; 11 – вимірювач концентрації нафти; 12 – лінія основного контуру обробки суднових ВМН;
14 – відцентровий насос; 15 – система фільтрації (сітка); 16 – вакуумметр; 19 – манометр;
20 – кавітатор; 22, 25 – датчик концентрації; 29 – шестерінчастий насос;
30 – конденсаційний танк

Сервісний танк 1 укомплектований змійовиковим підігрівачем 2. З метою інтенсифікації процесу попереднього розподілу в танку 1 використовується повітряна завісь, що створюється бульбашками, які рухається з прокладеного по дну танка 1 повітряного трубопроводу 3. Для автоматичної підтримки витрати повітря на постійному рівні на трубопроводі 3 встановлена серія автоматичних клапанів 4. Під час експлуатації судна завжди має місце випадання твердого осаду з суднових ВМН. Зазвичай рівень відкладень у період між очищеннями танка (у середньому від 7 до 9 місяців) може досягати до 10 % від його висоти. З цієї причини магістраль подачі повітря 3 встановлюється відносно дна на відстані 14…17 % висоти танка. Стисле повітря подається до повітряного трубопроводу 3 за допомогою компресора 5. Для контролю за рівнем наповнення і температурою суднових ВМН у танку 1 використовуються поплавковий рівнемір 6 і термометр 7 [2].

Для відбору світлої води після попереднього процесу флотації на висоті 5…7% верхнього рівня танка 1 приєднується трубопровід 8. На ньому встановлюється автоматично керований клапан 9. По лінії 8 світла вода з малою концентрацією нафтопродуктів надходить у збірний танк 10. Для керування клапаном 9 на відвідному трубопроводі 8 встановлений вимірник концентрації нафти 11. При перевищенні встановленого граничного значення концентрації нафтопродуктів цей датчик подає сигнал на закриття клапана 9 і на відкриття

встановленого на лінії основного контуру обробки суднових ВМН 12 автоматичного клапана 13. З танка 1 суднові ВМН відбираються за допомогою відцентрового насоса 14. На вході в насос встановлена фільтраційна сітка 15 і вакуумметр 16. Фільтраційна сітка 15 призначена для затримання великих забруднювальних речовин і предметів (ганчір'я, папір, металева стружка тощо) і забезпечує безперебійну і тривалу експлуатацію насоса 14. За допомогою показів вакуумметра 16 можна зробити висновки про ступінь забруднення фільтраційної сітки 15 і контролювати вакуум, створюваний насосом 14 на лінії всмоктування.

На трубопроводі 17, тобто на лінії нагнітання за насосом 14, для керування витратними характеристиками оброблюваного потоку суднових ВМН встановлено автоматично керований вентиль 18. Також за насосом встановлений манометр 19, який в автоматичному режимі надає дані про величину тиску в робочому контурі сепараційної установки. На основному робочому трубопроводі 12 за допомогою фланцевого з'єднання встановлений основний технологічний елемент суднової сепараційної установки – кавітатор 20. На виході з кавітатора 20 відокремлені продукти, що містять нафту, потрапляють у трубопровід 21. На ньому встановлений блок вимірювання концентрації водної компоненти в продуктах, що містять нафту 22. Трубопроводом 21 суміш надходить назад до сервісного танка 1. Під час роботи установки датчик концентрації 22 показує ступінь очищення суднових ВМН і контролює процес їх відділення. Якщо концентрація водної компоненти не знизилася до заданого рівня, то процес відділення триватиме за описаним замкненим контуром обробки. Циркуляція суднових ВМН повинна підтримуватися доти, доки датчик 22 не покаже заданий ступінь очищення води.

У результаті процесу холодного кипіння, що зумовлюється кавітацією всередині кавітатора, виходить холодна водяна пара. З кавітатора 20 вона відбирається за допомогою компресора 23 трубопроводом 24. На лінії всмоктування 24 перед компресором 23 встановлений датчик вимірювання концентрації нафтопродуктів у водяній парі 25. Також на лінії всмоктування встановлений автоматично регульований клапан 26. Управління цього клапана здійснюється від датчика концентрації 25 . Якщо концентрація нафтопродуктів у водяних парах перевищує задане значення, то датчик 25 подає сигнал до автоматичного клапану 26 – і він закривається. У цьому випадку водяну пару необхідно піддавати додатковій санітарно-гігієнічній обробці. Отримані продукти нафтохімії зі збірного танка 1 можна також використовувати в енергетичних потребах судна в якості вторинних енергетичних ресурсів.

Для управління всією захисно-регулювальною автоматикою сепараційної установки передбачається установка електронного щита.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Виконані дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1) розроблений новий метод сепарації дозволяє очищувати суднові води, що містять нафту з вихідною концентрацією води на рівні менше 5 млн$^{-1}$, що забезпечує міжнародні вимоги відносно запобігання забрудненню морського середовища з суден;

2) нафтопродукти (паливо і моторне мастило), які видаляються з суднових вод, що містять нафту розробленим способом суперкавітації, можуть використовуватися як вторинне джерело енергії, яке спрямовується на енергетичні потреби судна (як правило, для роботи суднової котельної установки);

3) розроблена установка для сепарації суднових вод, що містять нафту, характеризується малими енергетичними витратами і забезпечується стандартними витратами на технічну експлуатацію, технічне обслуговування та ремонт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Малахов А. В. Гидродинамическая технология обработки судовых льяльных вод / А. В. Малахов, И. В. Ткаченко, О. Е. Гугуев, А. А. Мусорин // Проблеми техніки: наук.-виробн. журнал, 2009. – Одесса. – № 3. – С. 76-82.

2. Ткаченко И.В. Очистка нефтесодержащих вод морских судов методом гидродинамической суперкавитации потока / И. В. Ткаченко // Universum: Технические науки. – 2018. – Вып. 3(48). – С. 59-62.

3. Ткаченко И. В. Метод отделения водной компоненты от нефтесодержащих примесей в судовых льяльных водах, основанный на гидродинамическом процессе суперкавитации / И. В. Ткаченко // Проблеми техніки: наук.-виробн. журнал. – 2010. – №3. – С. 59-70.

4. Поповский А. Ю. Оценка эксплуатационных свойств смазочно-охлаждающих жидкостей судовых технических средств / А. Ю. Поповский, С. В. Сагин // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сборник. – 2016. – Вып. 22. – С. 66-74.

УДК 629.487

Марьянов Д.Н.
Національний університет «Одеська морська академія»

Оптимизация работы MUD systems морских специализированных судов

Морские суда, обеспечивающие заводку якорей, буксировку и снабжение морских буровых платформ, характеризуются повышенной насыщенностью судовой энергетичекой установки (СЭУ) вспомогательным оборудованием, наличием специализированных механизмов и систем, а также необходимостью транспортировки технологических жидкостей, которые в последствии используются для обеспечения процесса до́бычи нефтепродуктов. Эти жидкости (бурильные суспензии) выполняют функции смазывания, охлаждения и промывания бурового оборудования (Drill equpment) и являются неотъемлемой частью так называемой MUD systems (рис. 1).

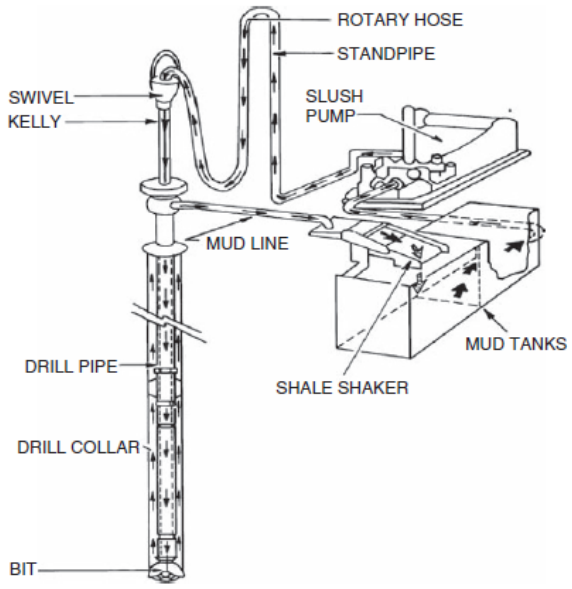


Рис. 1. Принципиальная схема MUD systems буровой установки морской нефтедобывающей платформы

По своему структурному составу бурильные суспензии представляют собой смеси высокомолекулярных соединений с отдельными металлоорганическими (щелочными, щелочноземельными, переходными), кремнийорганическими и фторорганическими соединениями. Это увеличивает их плотность, вязкость, а также существенно изменяет реологические характеристики [1]. Их транспортировка на буровые платформы выполняется морскими специализированными судами, которые осуществляют их перевозку в грузовых танках. Время транспортирования зависит от удаленности буровой платформы от базового порта, скоростных характеристик судна, а также от внешних условий (погоды, ветра, волнения моря) и может достигать 7…10 дней. При этом, в связи с действием гравитационных сил, более тяжелые компоненты, входящие в состав бурильных суспензий, постепенно осаждаются в грузовых танках. Это приводит не только к ухудшению их функциональных характеристик за счет расслоения, но и способствует образованию плотных кремний органических и графитовых соединений на дне грузового танка. Результатом этого может стать полное отсутствие текучести бурильной суспензии и не возможность ее транспортировки из грузового танка специализированного судна на буровую платформу [2].

Плотность бурильных суспензий в 1,3…1,5 раза превышает плотность нефтепродуктов (топлива и масла), находящихся на судне. Это (для обеспечения остойчивости) вынуждает располагать грузовые танки, в которых находится бурильные суспензии, ниже ватерлинии. К конструктивным недостаткам MUD systems также относится повышенная длина трубопроводов, обеспечивающих перекачивание бурильных суспензий с борта судна на океанскую или морскую платформу (рис. 2). Как первое, так и второе повышает гидродинамические потери и повышает вероятность нарушения сплошности потока при движении суспензии по магистралям системы и возникновения срывов всасывания насосов.

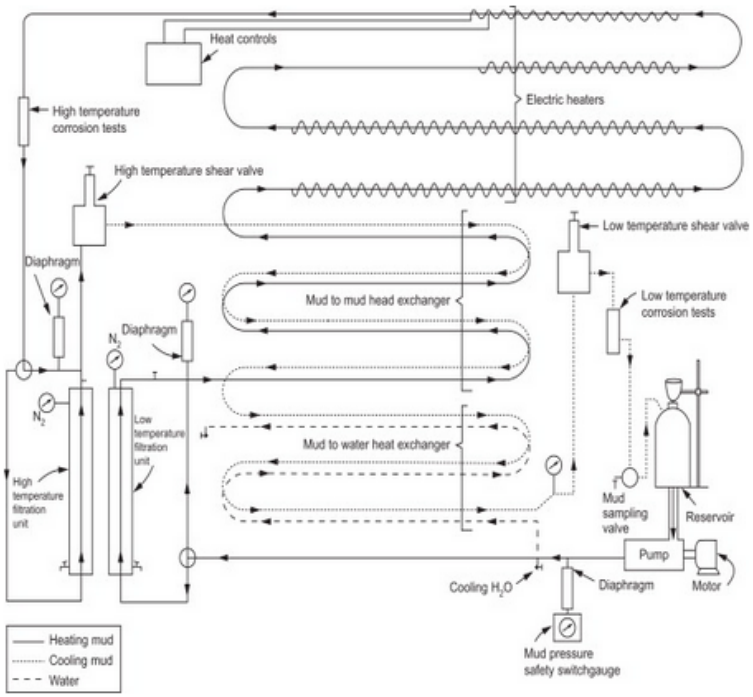


Рис. 2. Принципиальная схема системы транспортировки буровой суспензии на специализированном морском судне

Решение проблемы повышения однородности бурильной суспензии, транспортируемой в грузовых танках специализированных судов, предлагалась различными способами, к наиболее распространенным из которых относятся разбавление/промывание суспензии морской водой, паровой обогрев магистралей, добавление специальных присадок.

Одним из вариантов, обеспечивающих сохранение эксплуатационных свойств бурильных суспензий, а также поддержания необходимого технического и функционального состояния судовой MUD systems, является ее упрощение путем минимизации протяженности магистралей и трубопроводов, выбор оптимальной конструкции и режимов работы грузовых насосов, а также непосредственное воздействие на дисперсные компоненты суспензии [3, 4].

Реализация подобной технологии возможна с применением дополнительной системы управления, которая должна обеспечивать:

- постоянный мониторинг плотности бурильной суспензии как в грузовых танках, так и на отдельных участках MUD systems;
- возможность дополнительной принудительной циркуляции бурильной суспензии в грузовых танках;
- дистанционнае открытие/закрытие клапанов перепуска и циркуляции;
- контроль давления всасывания грузовых насосов;
- контроль и сигнализацию уровня суспензии в грузовом танке.

Решение данных задач будет способствовать повышению надежности работы MUD systems, поддержанию стркутрного состояния бурильной суспензии, снижению материальных затрат на обслуживание системы, уменьшению тяжелых остатков в грузовых танках, передача которых невозможна с борта судна на буровую нефтедобывающую платформу. Все

вышеназванное будет способствовать повышению эффективности эксплуатации морского судна, как средства транспортной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поповский А. Ю. Оценка эксплуатационных свойств смазочно-охлаждающих жидкостей судовых технических средств / А. Ю. Поповский, С. В. Сагин // Автоматизация судовых технических средств: наук.-техн. сборник. – 2016. – Вып. 22. – С. 66-74.

2. Karianskyi S. A. Features of transportation of high-density technical liquids by marine specialized vessels / S. A. Karianskyi, D. M. Maryanov // Materials of the International Conference "Scientific research of the SCO countries: synergy and integration January 25, 2020. Part 2. Beijing, PRC. – P. 150-153. DOI. 10.34660/INF. 2020.24.53688.

3. Sagin S. V. Cavitation Treatment of High-Viscosity Marine Fuels for Medium-Speed Diesel Engines / S. V. Sagin, V. G. Solodovnikov // Modern Applied Science; Published by Canadian Center of Science and Education. – 2015. – Vol. 9. – № 5. – P. 269 –278. DOI:10.5539/mas.v9n5p269 (Indexed by Scopus)

4. Sagin S. V. Estimation of Operational Properties of Lubricant Coolant Liquids by Optical Methods / S. V. Sagin, V. G. Solodovnikov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – Vol. 12. – Num. 19. – P. 8380-8391.

УДК 621.431.74

Polovinka E.M., Tabulinskiy I.N., Muradyan P.S.
National University "Odessa Maritime Academy"

Research of starting modes of the rt-flex engine

Starting modes are one of the most critical in the operation of marine diesel engines. Under the unsteady conditions of the flow of working processes, it is difficult to ensure their quality indicators. Of particular importance is the reliability in maneuvering. The foregoing relates, first of all, to fuel injection, which determines to a large extent the combustion process and all the operational characteristics of a diesel engine.

Typical start-ups are the first fuel supply cycles [1], presented in Fig. 1 by the oscillograms of the nozzle needle movement. An oscillatory process is observed, accompanied by a partial rise of the needle. This increases the duration of injection, and an incomplete rise leads to a throttling of the fuel flow in the section under the needle. The atomization pressure decreases, the conditions of mixture formation deteriorate, which, along with the low parameters of the air charge, adversely affects the characteristics of the working process up to skipping the ignition.

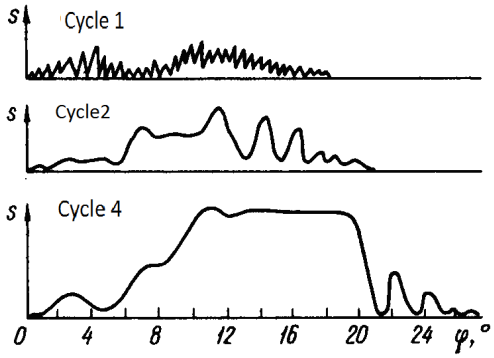


Fig. 1. Fuel supply when starting a diesel engine

If starting modes for diesel engines with traditional fuel supply systems have been studied to a large extent, the features of the working processes of electronically controlled diesel engines with accumulator's fuel injection systems have not been studied. Therefore, the research of the starting conditions of RT-flex engines, related to the indicated type of diesel engine, is an urgent task and is of interest both for engine building and the operation of this class of diesel engine.

The start-up features of RT-flex engines are connected, as mentioned above, with the use of an accumulator's (Common Rail –CR) fuel injection systems and computer control of this system and the entire engine.

An experimental study of working processes was performed on a Wartsila 6 RT Flex 50 B marine diesel engine with a rated power of 9960 kW. During testing, the engine was powered by IFO 380 fuel. Recording of working processes was carried out by the standard Wartsila system - Flex View.

The diagram of the fuel injection system of RT-flex engines is shown in Fig. 2. A high-pressure fuel pump (HPFP) driven by an engine supplies fuel to the accumulator (Common Rail) with a pressure of up to 1000 bar.

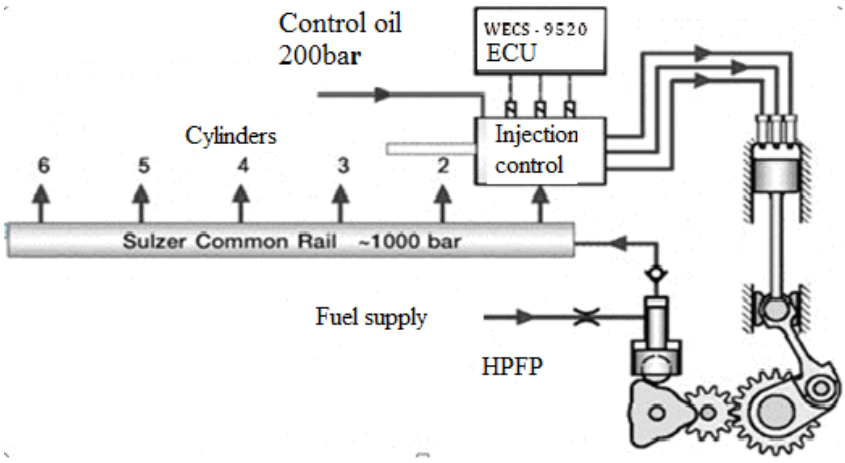


Fig. 2. RT-flex engine fuel injection system

The pressure in the accumulator is set by the WECS-9520 control program and is controlled by a change of HPFP performance set by the actuator. Injection control is carried out by a control unit, the actuating elements of which are valves with a hy-

draulic drive with oil pressure of 200 bar. Fuel is supplied to the nozzles by the metering piston of the control unit.

Starting the engine after cranking with a shaft-turning device (STD) begins, in accordance with the PTE, by blowing the cylinders with compressed air simultaneously with its turning. The control is carried out by activating the "Air Run" button on the panel of the WECS engine management system. Such a panel is shown in Fig. 3 (there are two panels on the engine).

At start-up the system first performs a self-test of all control parameters, namely, the pressures and temperatures in the engine oil system, whether it is disengaged from the STD gearing, whether auxiliary air blowers are started, as well as starting air pressure.

By pressing the "Air Run" button, a control signal is supplied to the WECS unit and the control air is distributed (with a pressure of 5.5-7.5 bar) to all air distributors and to the main start valve (MSV) with a pressure range of 10.0-30.0 bar. Air is supplied through control solenoids, the number of which corresponds to the number of cylinders. Two solenoids were installed on MSV. The control of the solenoids on the MSV is carried out by the program, and the operator has the opportunity to choose one of them to work, which increases the reliability of the starting system.

In fig. 4 provides an RT-flex engine starting system. The diagram shows the following main elements, involved in starting the engine in the air:

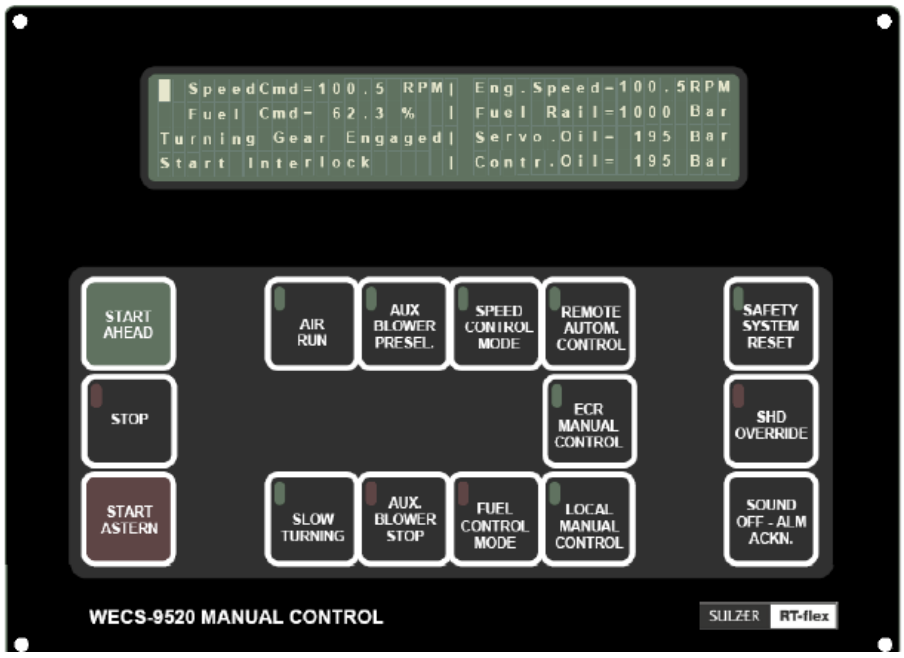


Fig. 3. WECS engine control panel

- MSV - 2.03;
- control solenoids of control air -ZV7014C and ZV7013C;
- cylinder start valve - 2.07;
- control solenoid of the starting valve - ZV7241-54C;
- STD with start blocking - 2.13 31HA.

At the moment of receipt of the low-pressure control air, the MSV is opened, after which control signals are sent from WECS to individual starting valves of the cylinders, the position of the pistons of which corresponds to 0-110 ° CSR (degrees of crankshaft rotation) .

After purging the cylinders, the engine is stopped; indicator valves are closed and on fuel is started. These two stages are represented by separate oscillograms. The first - purge - is shown in Fig. 5. The following parameters are recorded:

1 - position of HPFP actuator - m_a , %;

2 - oil pressure in the control system, bar- $p_{c.o}$;

3 - fuel pressure in the CR accumulator, 10 bar- $p_{f.a}$;

4 - engine speed, *rpm*- n_e.

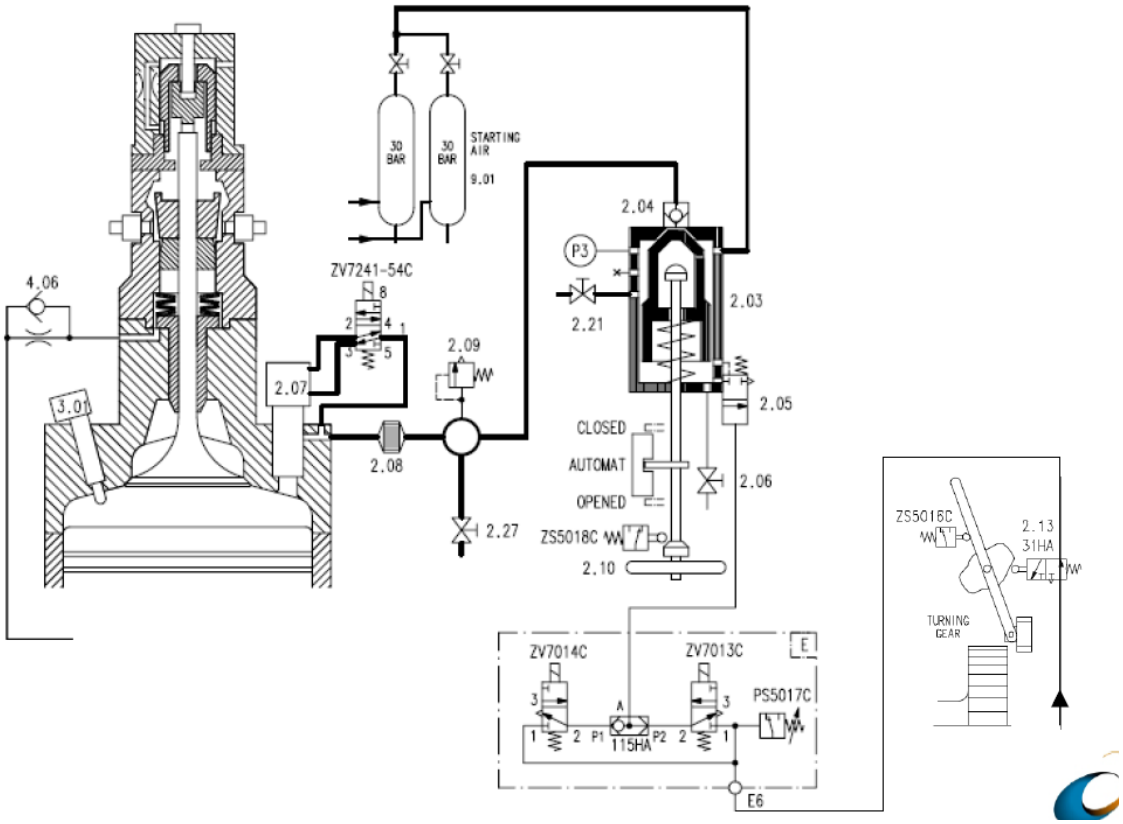


Fig. 4. Starting system of the Wartsila RT Flex engine

The current time (hour: minutes: seconds) and parameter values are fixed on a generalized ordinate scale in accordance with the indicated units. At the same time, $p_{f.a}$ is given at 10bar.

Carrying out the analysis from the beginning of the deviation of the recorded parameters from the initial values, we note the simultaneous shift of the curves of the actuator 1, the oil pressure in the hydraulic control system 2 and the engine speed 4 at 20:11:29. Moreover, for m_a, the initial level was 100%, $p_{c.o}$ = 5 bar, as the engine was stopped and, of course, n_e = 0.

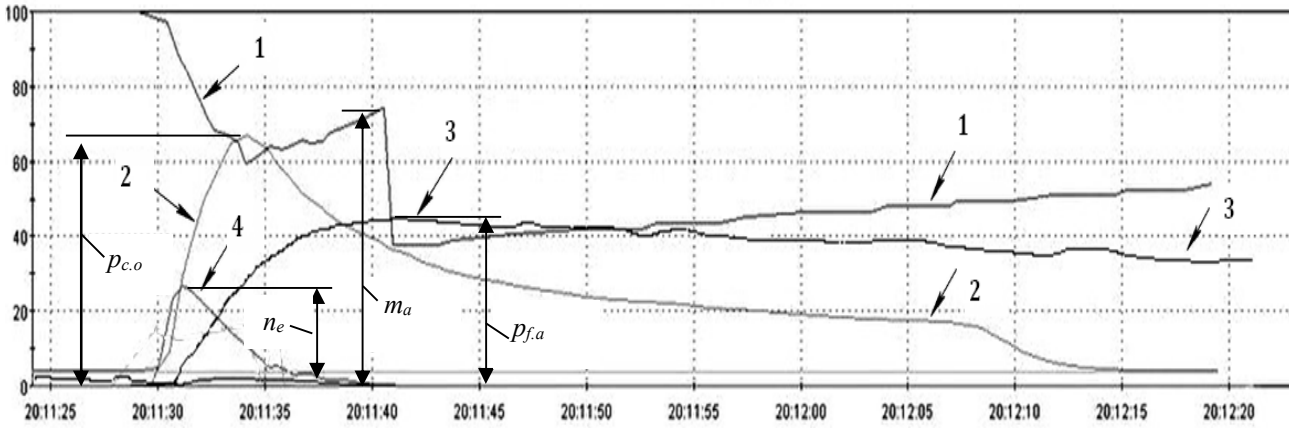


Fig. 5. Cranking the engine in air

Of these three parameters, the last two are related, since the oil pumps are driven by an engine. The actuator displacement at this stage is not specified by the control system algorithm and is reduced to a transition to the level of 60% within 6 s.

The further movement of the actuator consists in increasing m_a to 73% by the time 20:11:41, then during 1s decreasing to 38% and gradually increasing to 52% by the end of the first start-up phase. Actuator movement occurs mainly after engine shutdown.

When the engine rotates, the oil pressure in the control system reaches 67 bar in 4 s, after 35 s, it drops to 17 bar and at the end of the stage is the initial value of 5 bar.

The engine speed at the first stage of starting is increased to $n_e = 27$ *rpm* for 3 s, and after 15 s the engine stops.

Critical for ensuring subsequent start-up on fuel is the pressure in the accumulator $p_{f.a}$. The beginning of its growth was recorded with a small delay of 2s from the start of engine rotation, and the maximum value of 460 bar occurs at the time the engine was stopped. By the end of the stage, the level of $p_{f.a}$ is reduced to 320 bar.

The final values of the described parameters are initial for the second stage of start-up - with the transition to work on fuel. The oscillogram of this process is shown in Fig. 6.

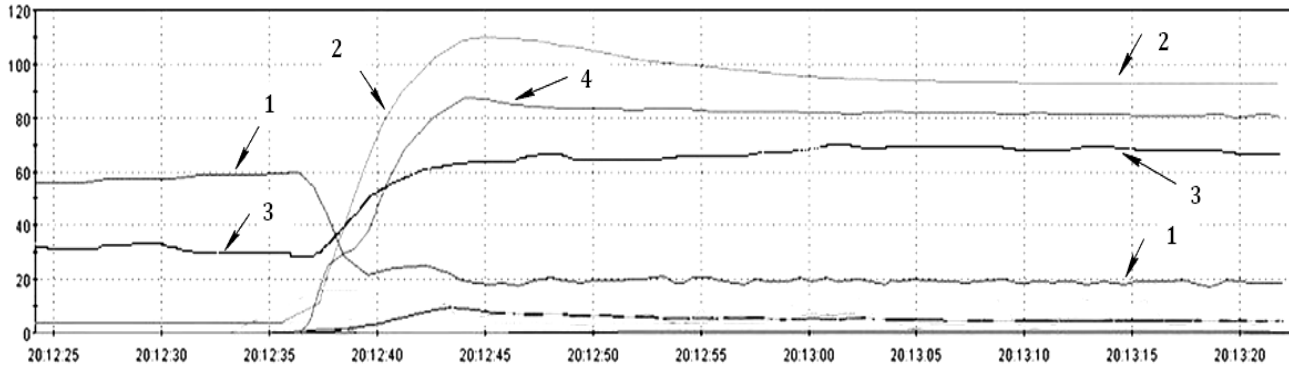


Fig. 6. Start-up on fuel

The start of engine rotation when starting on fuel corresponds to a time of 20:12:37, that is, after 1 min 8 s from the previous straggling. Acceleration to a maximum frequency of 87 *rpm* took 6 s, and subsequently n_e was maintained at 81 *rpm*.

Actuator 1 in the first 3 s from the beginning of engine rotation has moved in the direction of reduction: from 60 to 21%, remaining in this level at a later stage.

The oil pressure 2 from the initial 5 bar increases to 110 bar, following the curve of the engine speed 4. Then $p_{c\ o}$ decreases slightly, reaching the value of 93 bar by the end of the stage.

The fuel pressure in accumulator 3 increases in proportion to n_e and by the time of maximum n_e has increased from 300 to 640 bar. Then $p_{f.a}$ remains within 700-670 bar.

The development of processes in individual engine systems during start-up is determined by the tasks in the WECS control program. For the fuel pressure in CR, this is the dependence of $p_{f.a}$ on the engine load shown in Fig. 7. In the start-up mode, its value, following the schedule, is 700 bar. In fact, the change in $p_{f.a}$, as shown above, occurs as follows.

When cranking the engine at the first stage for purging the cylinders, the maximum value reaches 460 bar, and before starting on fuel it decreases to 300 bar. During acceleration on fuel, the pressure changes in the range of 300-640 bar, and only after 18 seconds of operation at a steady speed, it gradually increases to 700 bar. Subsequently, $p_{f.a}$ is maintained in the range of 700-670 bar.

Thus, in real conditions, the engine starting mode does not correspond to the program task for the fuel supply characteristics. The value of $p_{f.a}$ is determined by four factors: the cyclic injection of the injection pump, the engine speed, the amount of fuel injected into the cylinder and leaks in the fuel delivery system. Of these, the first parameter corresponding to the task of the high pressure fuel pump actuator is most easily changed. Obviously, it should be maintained at the highest possible level, providing a software setting of the characteristics of fuel injection.

In reality, when cranking the engine at the first stage of starting, the values of m_a are 100-60-73%, and at the second - with starting on fuel during acceleration, and even less - 60-21%. You can also mention, that when the engine rotates with a shaft-turning device before starting, the pressure $p_{f.a}$ reaches 70-90 bars. This parameter is for the most part diagnostic, characterizing the impenetrableness of the fuel system.

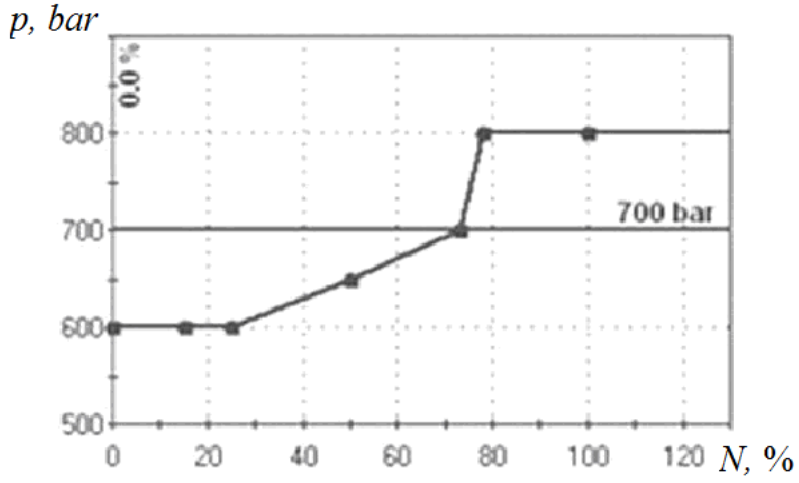


Fig. 7. Task for the high pressure fuel pump actuator, depending on the engine load: up to the start of 700 bar

In addition to the fuel pressure during start-up, the engine speed is set in the first and second stages. These parameters actually coincide with the set ones (27 and 87 rpm, respectively), which was noted above.

The effect of oil pressure in the control system on the start-up process requires additional research. In real conditions, its value is much lower than a passport equal to 200 bar. At the first stage, the working range $p_{c\,o}$ 5-67 bar does not affect the start-up process. For the second stage, $p_{c\,o}$ = 5-110 bar and the first revolutions during acceleration, the engine runs at an oil pressure close to the minimum. This discrepancy may affect the speed and reliability of the injection control unit (ICU) valves.

Conclusions

1. A methodology has been developed for using the data of current control of the RT-flex engine workflow registration system for studying them under various operating conditions.

2. Suggested characteristics for describing the progress and parameters of work processes.

3. A description and analysis of the operation of units and systems during the engine start-up has been completed.

4. The operational parameters of fuel supply at start-up are determined. The discrepancy between the established and actual characteristics of fuel injection is shown.

5. The possibility of improving fuel supply due to adjustment of the injection pump control has been established.

6. The existing process for changing the pressure of the control oil does not meet the requirements for ensuring the speed and reliability of the fuel injection control unit.

7. The engine speed during purging and starting on fuel is provided at the level specified in the control program.

LITERATURE

1. The operation of diesel engines in operating conditions: Reference book / A. K- Kostin, B.P. Pugachev, Yu. Yu. Kochinev; Under the total. ed. A.K. Kostin. - L .: Machine building. Leningrad Department, 1989. - 284 p: ill.

2.Работа дизелей в условиях эксплуатации: Справочник/А. К- Костин, Б. П. Пугачев, Ю. Ю. Кочинев; Под общ. ред. А. К. Костина. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989.— 284 с: ил.

УДК 621.431.74

Polovinka E.M., Tabulinsky I.N.
National University “Odessa Maritime Academy”

Influence of operating conditions on characteristics of fuel feeding by the common rail system rt-flex engines

The current stage of development of marine diesel engineering is characterized by a widespread transition to computer control of the main work processes. At the same time, the hydromechanical elements of the corresponding diesel systems also became different. This change fully applies to fuel supply processes and fuel injection systems. Typical in this regard are RT-flex engines equipped with common rail (CR) fuel injection systems.

Until now, there was not enough information about the influence of operational factors on the fuel supply characteristics of the specified system. The materials presented in the report contain the results of simulation modeling of fuel injection processes by the CR system under changing operating conditions. These are, first of all, fuel characteristics and adjusting settings. The latter include fuel pressure in the system rail. Information on their impact on fuel delivery parameters will contribute to the efficient use of fuel equipment and, in general, these engines.

One of the most significant parameters, characterizing the operational characteristics of the fuel, is its heating temperature. To determine the influence of this factor on the injection process, a computational study was conducted using the model of the CR system. The processes in various elements of the system are considered when using heavy fuel with characteristics corresponding to RMG 380 grade according to ISO 8217 standard.

Functional diagram of the fuel supply system is shown in Fig. 1, the diagram of the calculation model - in Fig. 2.

The main elements of the accumulator injection system (Fig. 1) are, along with the nozzles (fuel nozzles), the injection control unit 1- Injection Control Unit - ICU, the fuel accumulator (fuel Rail) and the valves of the control system.

The working cavity of the ICU is communicated during the injection period with the nozzles, and in the preparation phase of the next supply, with the fuel accumulator. The buffer cavity 3 has no connection with the nozzles and is constantly connected to the accumulator. The control functions for the indicated actions of the ICU are carried out by valves (two for each nozzle). One of them (Rail valve) with solenoidal two-way drive is intermediate.

Link in the control system, working with service oil (Control oil). To supply fuel, it passes oil to the injection control valve (Injection control valve), and then provides oil drainage through the drain line.

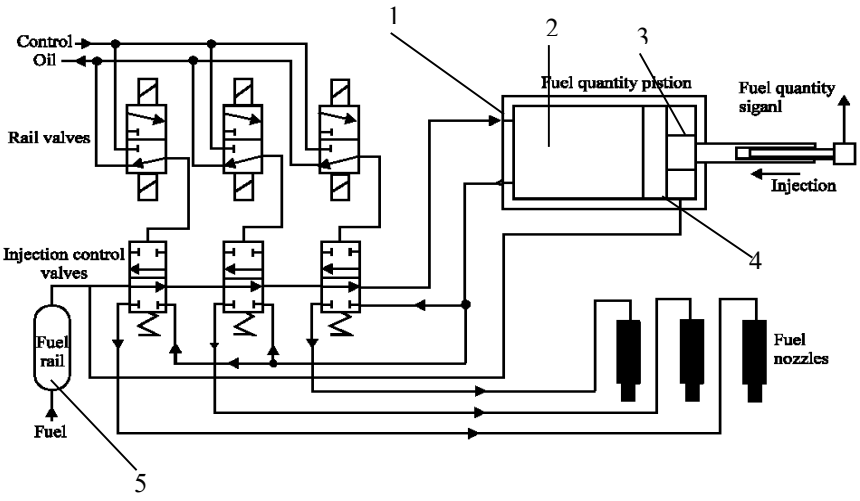


Fig. 1. Accumulator fuel injection system AFIS (CR –Common Rail): 1 - injection control unit - Injection Control Unit - ICU; 2- Working cavity WC of ICU ;, 3-buffer cavity BC of ICU; 4-metering piston (QP - Quantity Piston); 5 - fuel accumulator FA (Fuel Rail)

The second valve connects the working cavity of the ICU alternately with the nozzles (during fuel injection) and with the accumilator. The working stroke of the metering piston (QP - Quantity Piston) 4 is ensured by the pressure drop when the WC is connected to the nozzles. Its reverse movement is determined by the difference in the areas of the QP - it is larger on the WC side. In Fig. 1, the system is shown in the final phase of filling the WC ICU with fuel from the accumilator.

The injection processes are controlled by the WECS-9520 computer system (Wartsila Engine Control System).

In the design model of the CR system (Fig. 2), compiled in the environment of the GT-Power package, two digital indication systems are used. The names of the main blocks 1-5 are indicated on the circuit field. Another part of the specification (in circles) refers to the output points of these processes in individual elements of the system:

1- fuel pressure at the inlet to the valve 3 port A;

2- pressure in the accumulator 1;

3- pressure in the working cavity ICU 2;

4,5- pressure in the nozzle channel (4.1,4.2);

6.7 - pressure at the inlet to the nozzle;

8.9 - raising the nozzle needle;

11 - movement of the piston ICU;

12 - pressure at the valve outlet - port T,

13 - the speed of movement of the metering piston ICU.

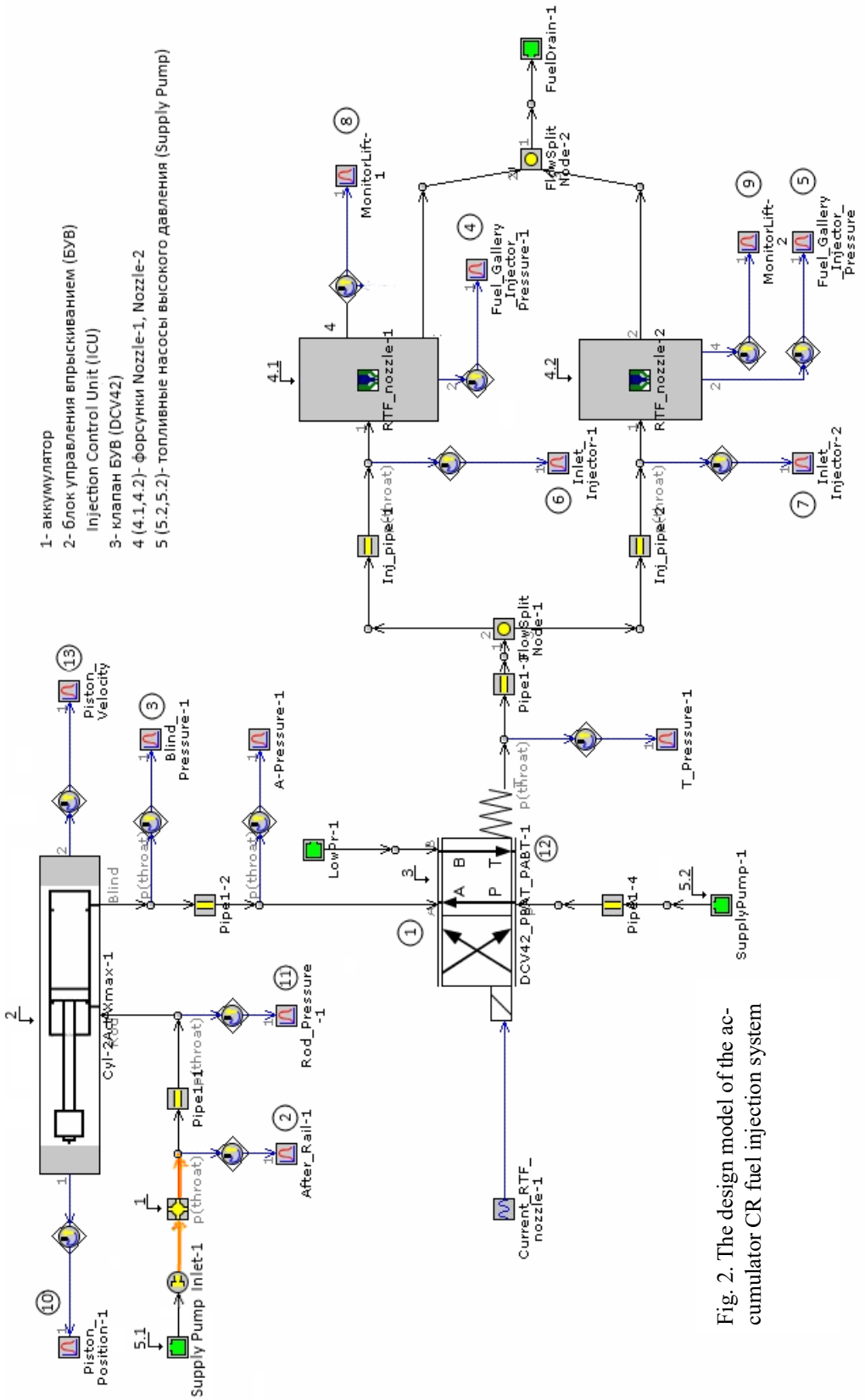


Fig. 2. The design model of the accumulator CR fuel injection system

An example of the oscillograms of the operation of individual elements of the system is presented in Fig. 3. The numbers of the graphs correspond to the above list.

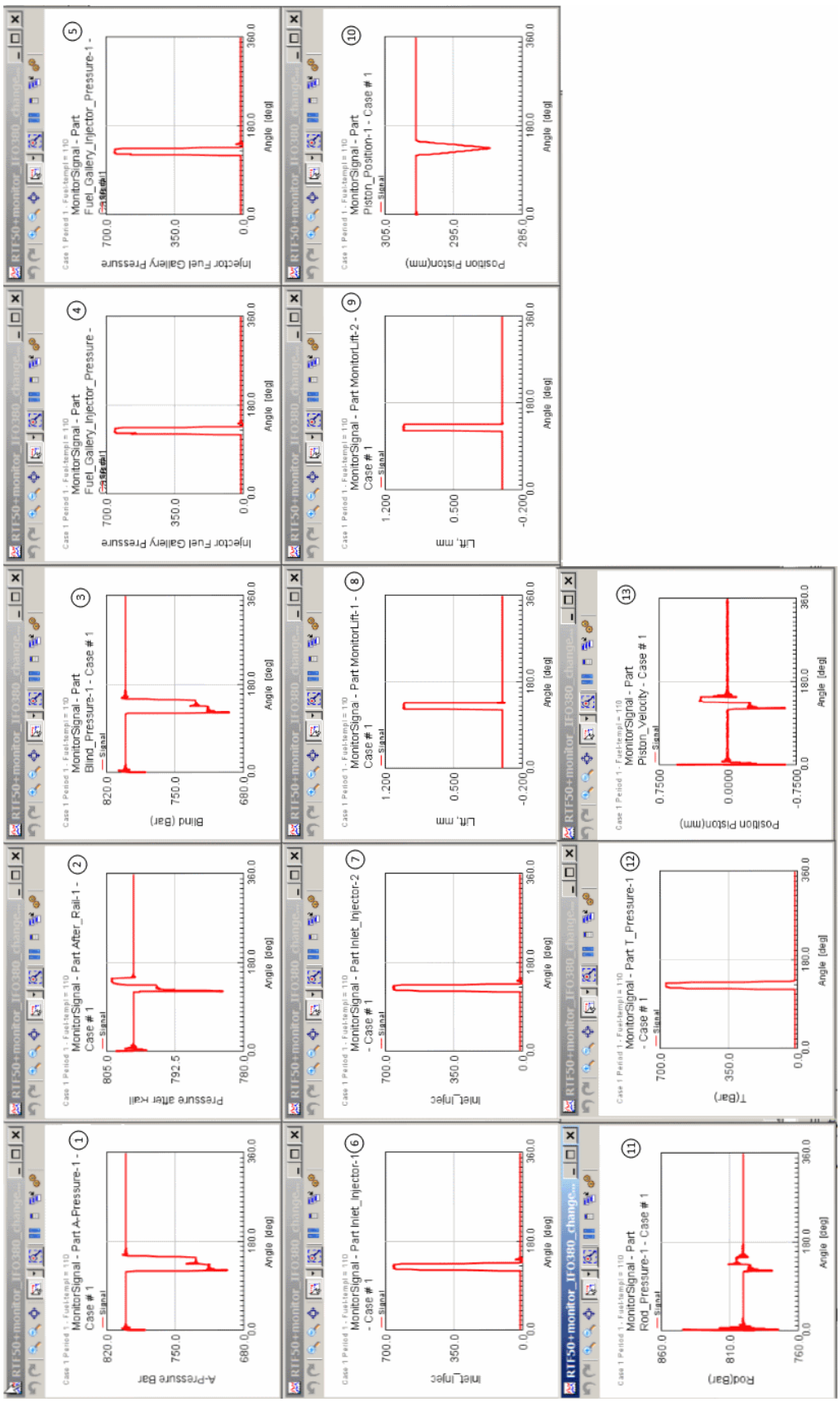


Fig. 3. Oscillograms of the injection process
in the elements of the system supply fuel CR

The main properties of the fuel at various temperatures and the parameters of the injection process in the elements of the system are presented in table. 1, and the corresponding dependencies are given in the graphs of Fig. 4.

Symbols adopted in the table and text:

t_f, o C –fuel temperature:

q_s, kg - cycle feed;

z_p, mm position of the metering piston:

h_p, mm - piston stroke;

v_f, m / s - piston speed in the forward stroke;

v_r, m / s - piston speed during the reverse stroke;

v_{max}, m / s - maximum piston speed;

p'_n, bar - pressure in the sub needle-shaped cavity;

μ, kg / m-s - dynamic viscosity of the fuel;

ν, mm^2 / s - kinematic viscosity of the fuel.

Table 1

Fuel characteristics and injection parameters depending on the heating temperature

t_f,° C	q_c, kg	z_p, mm	h_p, mm	v_f, m|/s	v_r, m/s	v_{max}, m/s	p'_n, bar	μ, kg/m-s	ν, mm^2/s
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	10
50	0.0128	293	7.39	-0.135	0.222	-0.486	610	0.372	380
70	0.0192	290.8	9.54	-0.211	0.272	-0.59	604.8	0.117	120
90	0.0217	289.9	10.49	-0.236	0.289	-0.64	604.2	0.045	46
110	0.0219	289.6	10.79	-0.244	0.292	-0.65	603.8	0.024	25
130	0.022	289.4	10.99	-0.249	0.298	-0.647	602.4	0.013	14
150	0.022	289.3	11.09	-0.254	0.3	-0.65	600	0.0088	9

The temperature range was 50-150 ° C, which covers the values of dynamic viscosity μ = 0.372-0.0088 kg / m- s or kinematic ν = 380-9 mm^2 / s. The nature of the change in viscosity is represented by the curve μ = f (t) and illustrates the well-known strong temperature dependence of viscosity.

Other processes that ultimately determine the result of the system — the parameters of the fuel at the outlet of the nozzle atomizer — depend on the interaction of individual elements of the fuel supply system.

The q_c cycle supply increases with temperature from 50 ° C to t_f = 90-110 ° C from 0.013 to 0.022 kg - 1.69 times. A further increase in temperature does not change the q_c value.

Obviously, the determining factor in this dependence is the movement of the metering piston of the QP of the injection control unit of the ICU. This indicator (in the graph h_p - the course of the QP) changes in a close way, increasing in the same range from 7.4 to 10.5-10.8 mm. The resulting ratio is 1.44 and subsequently changes slightly.

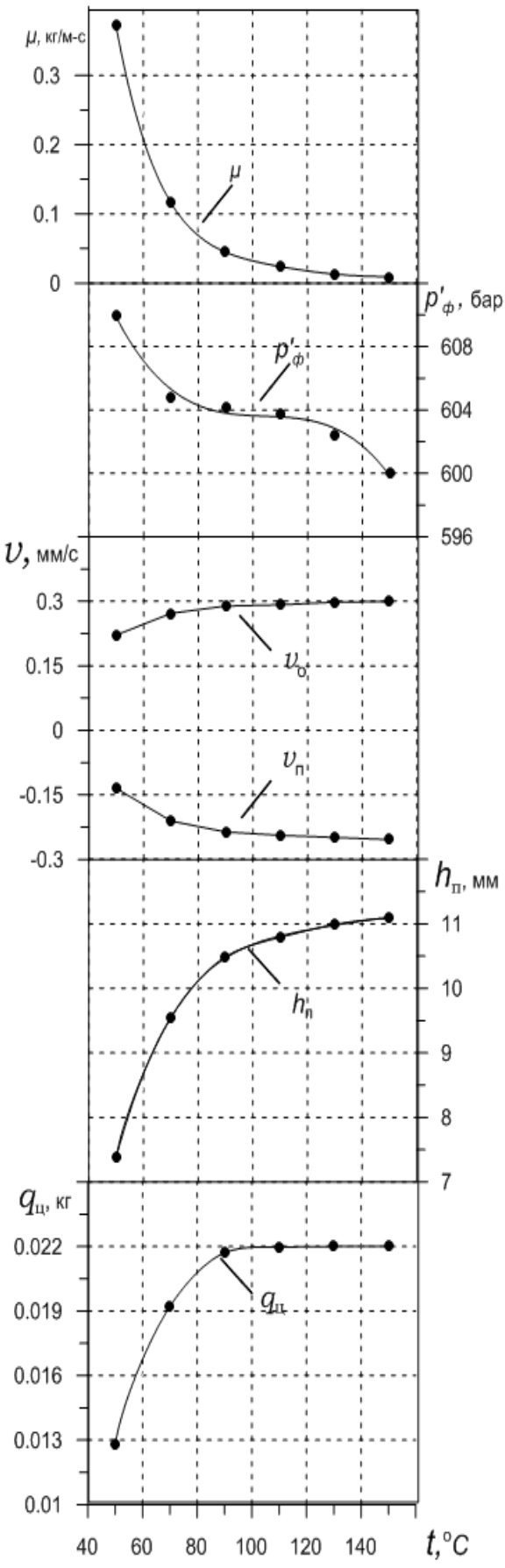


Fig. 4. Dependence of fuel injection parameters of fuel temperature

Additional information about the movement of the QP is the speed of its movement. In the direct (working, injection) stroke, it increases with increasing temperature in the above range from v_f = 0.135 to 0.244 m/s. Further temperature increases have little effect on the velocity of QP movement. The minus sign in this case is a conditional characteristic of the direction of movement.

The return of the QP to its initial position occurs at a higher speed: it is 0.222-0.292 m/s for the same temperatures. The maximum speed of the QP movement covers the range v_{max} 0.486-0.65 m/s and refers to the forward stroke.

As for the fuel pressure in the nozzle p'_n, then the influence of temperature is small. It decreases from 610 to 600 bar - less than 2%. (in the ratio of 1.016). This pattern indicates the decisive influence of the hydraulic resistance of the elements of the high pressure path on the pressure in the nozzle.

These data are well coordinated with the recommendations of the operating instructions for this class of diesel engines in terms of maintaining the operating viscosity in the range of 15-20 cSt. This value in the considered data corresponds to a heating temperature of 110-130 ° C, above which the fuel supply parameters vary slightly.

An illustration to the foregoing is more detailed information about the operation of the main unit fuel supply systems - injection control unit

and its metering element - the piston.

In fig. Figure 5 shows the dependence of the piston stroke on the angle of rotation for two extreme values of the heating temperature: 50 and 150 °C,

and in fig. 6 shows a graph of the respective speeds. The range of motion from straggling to returning to the initial state is the same in both cases: 119.5 - 151.4 ° RCS. Only when approaching the initial position with a higher temperature is a certain lag observed.

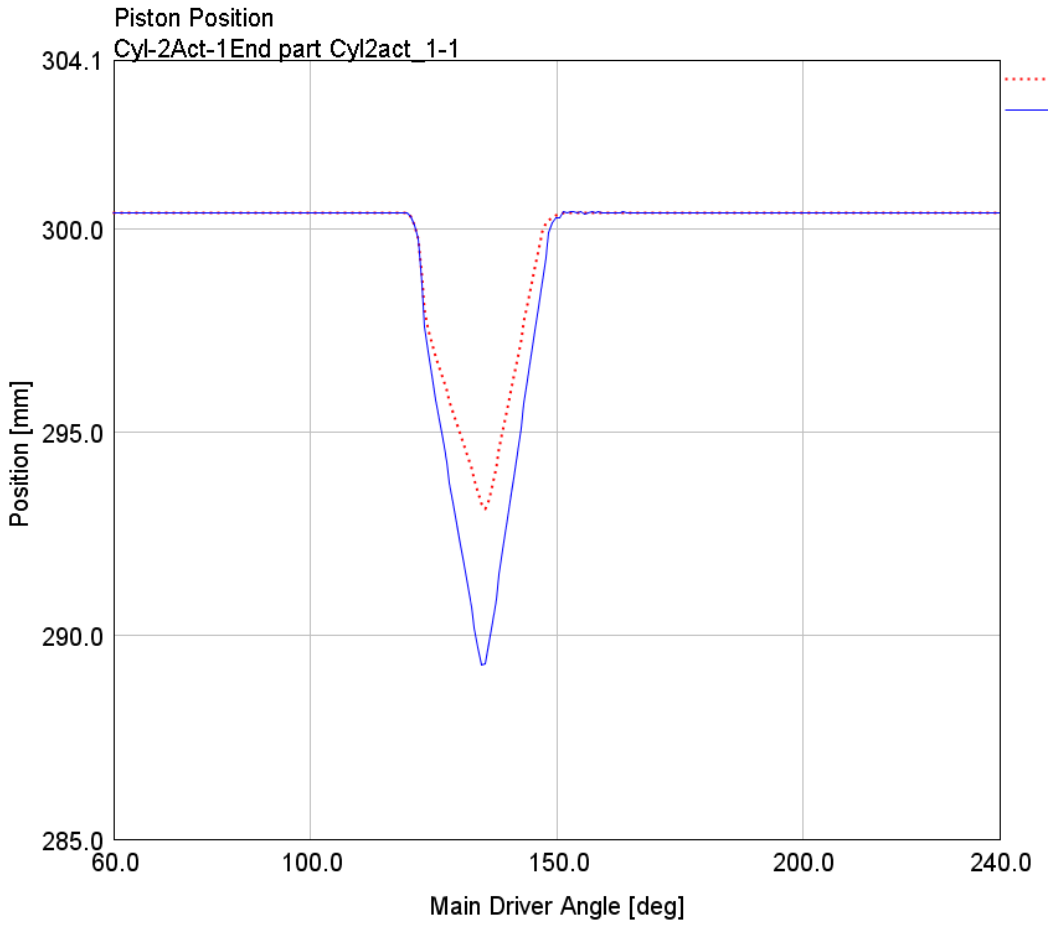


Fig. 5 . Moving the plunger at different fuel temperatures: ---- - 50;
—— - 150 ° C

As for the full stroke of the piston, the difference is significant. With increasing temperature, h_p increases by 1.5 times.

Dependencies for piston speeds give more detailed information about its movement. The total can be given by averaged values. Smaller speed correspond to lower stroke. For direct movement and t = 50 ° C, this is v_f = -0.135 m/s, and at the maximum temperature v_f = -0.254 m / s, or almost twice (more precisely, 1.88 times) more. A similar ratio was obtained for the reverse stroke: v_r = 0.222 m/s and 0.3 m/s, respectively.

Additional information is provided by peak velocity data. As follows from the graphs of Fig. 6, these values fall on the forward stroke, but in the previous ratio v_{max} = -0.486 and -0.65 m /s. In addition, the oscillatory nature of the movement of the piston is also significant, especially

noticeable when the piston stops at the time of returning to its original position. The maximum swing in a damped oscillatory process is 0.296 m/s.

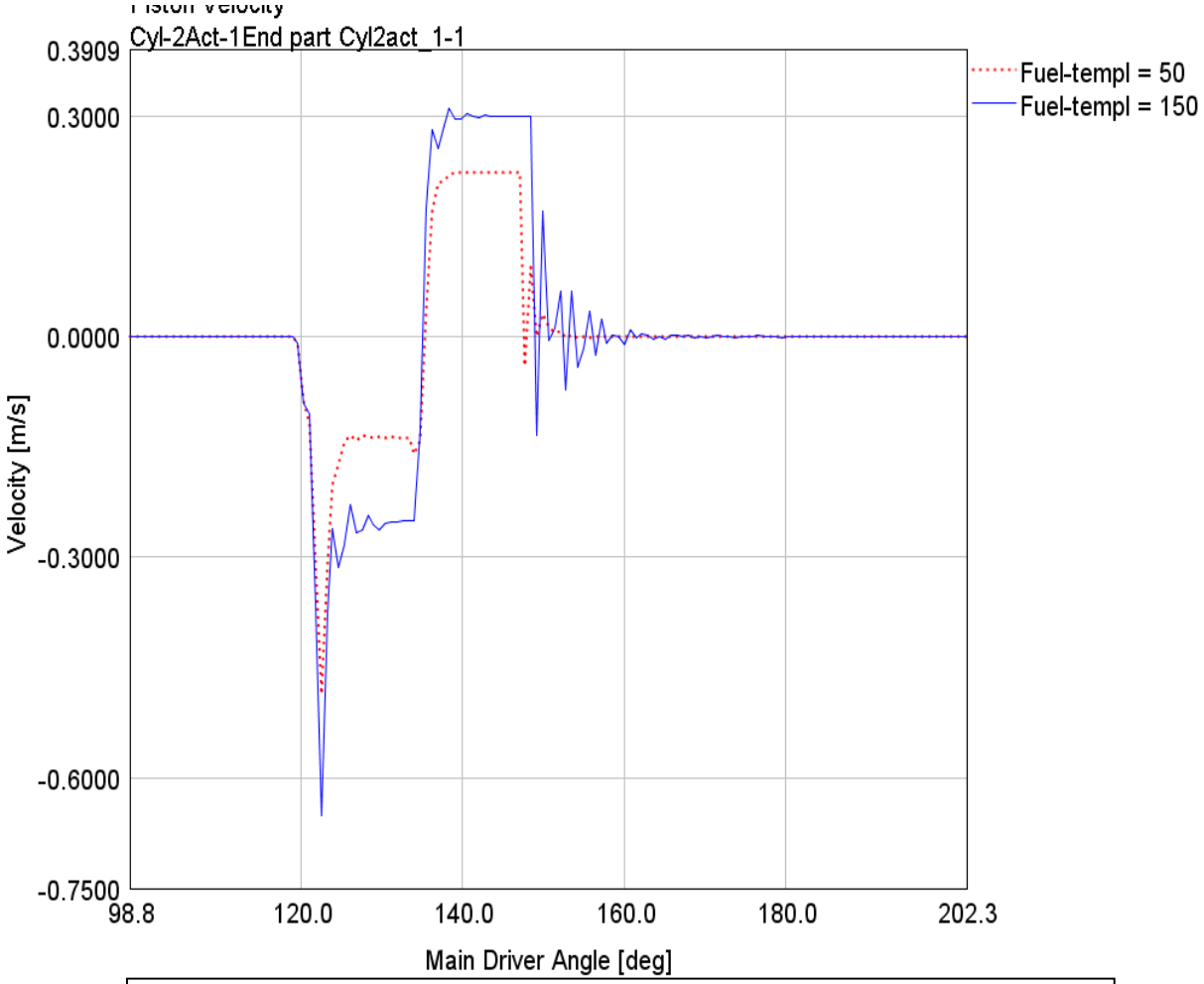


Fig. 6. The speed of movement of the metering piston at different temperatures of the fuel: ---- - 50; —— - 150 °C

Table 2. Injection parameters depending on fuel pressure

p,bar	q_c, kg	z_p, mm	h_p, mm	v_f, m/s	v_r, m/s	v_{max}, m/s	p'_n, bar
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
500	0.0156	292.22	8.02	-0.189	0.237	-0.446	385
600	0.0181	291.15	9.14	-0.209	0.26	-0.526	458
700	0.0201	290.24	10.1	-0.229	0.279	-0.582	531
800	0.022	289.41	10.98	-0.252	0.298	-0.648	605
900	0.0239	288.66	11.78	-0.268	0.315	-0.67	678
1000	0.0256	287.97	12.52	-0.28	0.331	-0.72	752

One of the main parameters of the fuel supply process, the change of which is available in normal operation, is the fuel pressure in the accumulator p_a . Its effect on the injection parameters is presented by the data in table. 2 and the graph of Fig. 7.

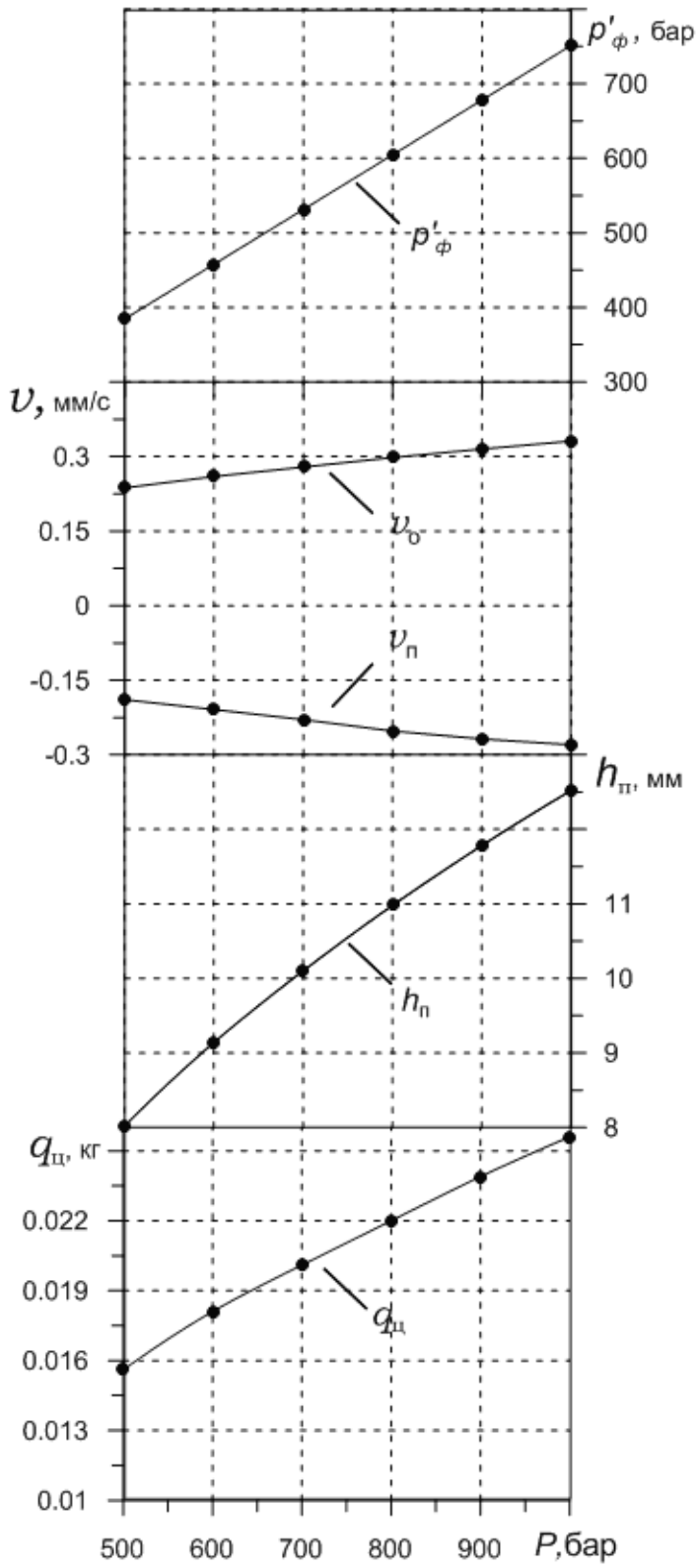


Fig. 7 Parameter of fuel supply dependence from fuel pressure

The range of investigated values of p_a is 500 - 1000 bar. It is natural to assume the relationship of p_a with the fuel pressure in the nozzle. Indeed, p'_n increases from 385 to 752 bar. As you can see, the hydraulic resistance of the system mentioned above is quite large and amounts to 115-248 bar. The increase in resistance corresponds to an increase in the speed of movement of the fuel, caused, in turn, by a change in the parameters of the QP motion: an increase in v_f from 0.189 to 0.28 m/s. At the same time, the backward velocity of the QP v_r also increases - from 0.237 to 0.331 m/s. We also note that the differential pressure on the QP creates a force that determines the course of piston.

With an increase in the pressure p_a , the QP moves a greater distance, supplying more fuel. The following numerical values were obtained: h_p = 8.02 and 12.52 mm, and q_c = 0.0156 -0.0256 kg. Close ratios of the indicated values can be noted: 1.56 and 1.64.

УДК 621.431.74

Polovinka E.M., Yakovenko A.YU.
National University “Odessa Maritime Academy”

Development of operational control systems for marine diesel engines working processes based on combined measuring transducers

The central question when creating measurement systems is the development of measuring converters. For fuel injection process control fuel pressure check converters are used. Existing systems use autonomous sensors of various types that require additional structural elements that influence the process of fuel injection in the system of fuel supply inclusion. Promising is the creation of systems with combined converters, based on the basic constructive elements. Creating this kind of measurement systems is the subject of development and research, the results of which are presented in this report.

One of the promising directions of development of systems of control of working processes of diesel engines is the use of combined transducers on the basis of the structural elements of the engine. This solution does not require the use of separate sensors and provides continuous monitoring of the considered parameters.

The automated analysis of characteristics of processes with integration into the overall alarm monitoring system (AMS) of the engine, and the prospect of creating an adaptive system of control, ensuring optimum engines control is possible.

The Ship Power Plant Department of the National University “Odessa Maritime Academy” developed the measuring system to control workflows based on the combined transducers. As the basic variant made tracking the fuel injection. The most informative for this process is the pressure in the fuel high-pressure pump (HPFP).

Research conducted in relation to marine medium speed engine CHN25/34. Fuel injection equipment has the following basic parameters:

high pressure fuels pump spool type with regulation on the end of fuel injection;
plunger diameter and stroke 16 mm;
uncooled injection valve, number of nozzles 9 of Ø 0,35 mm.

From the injection pump elements as the base element for the combined transmitter adopted with a fixing stud for connecting the flange of the pump with the plate of the camshaft casing was chosen. The stud takes the force caused by fuel pressure.

The measuring converter is assembled using wire strain sensors elements. The drawing of the stud, machined for mounting of the strain sensors, and a general view of the measuring converter assembly shown in Fig.1, 2. The converter is called a "stud sensor" - «S-S».

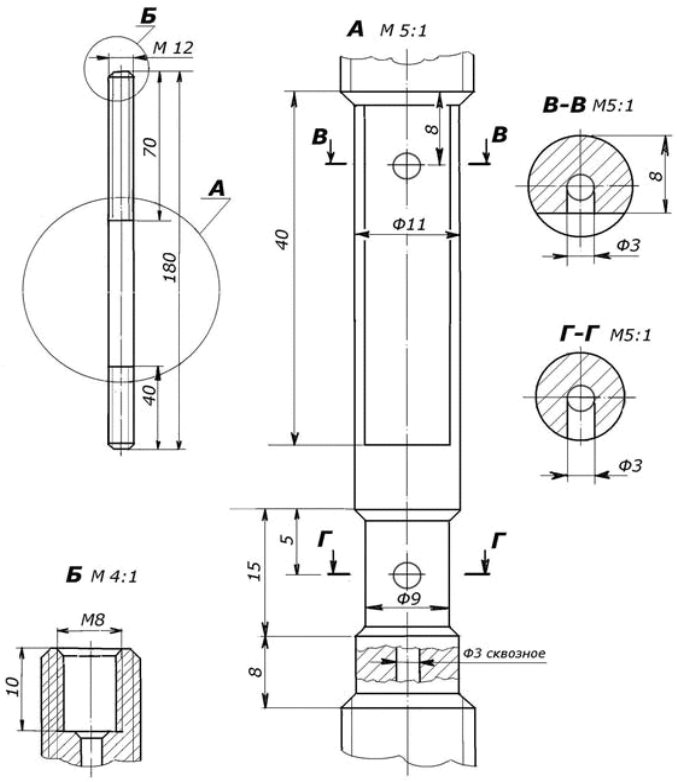


Fig. 1. Stud, prepared for the installation of strain sensors

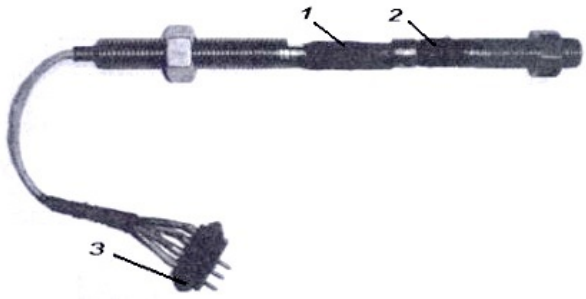


Fig. 2. "Stud sensor" - «S-S» assembly: 1-active sensors, 2 - Compensation sensors, 3 - electrical connector

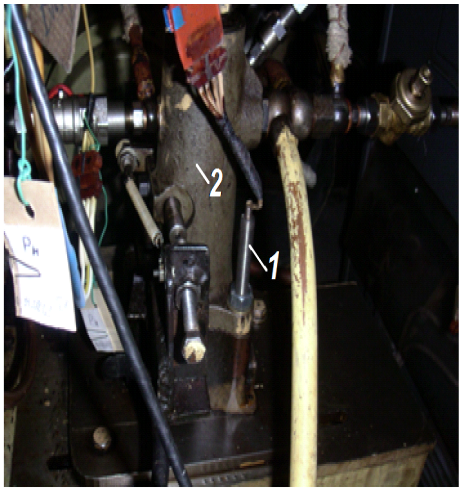


Fig. 3. Fuel pressure stud sensor («S-S») on a engineless injection pump stand: 1 — stud sensor - «S-S», 2 — HPFP

The basic metrological characteristics of measuring system with the combined gauge of pressure are certain by tests at the engineless stand. Comparison of oscillograms of pressure in HPFP, are recorded with basic and combined sensors. The placement of the "«S-S»" stud sensor on the HPFP when tested on engineless stand is shown in the photograph Fig. 3.

The recording of the pressure oscillogram is performed (Fig. 4, 5) simultaneously by two sensors: a conventional strain gauge mounted on the fuel injection pump union nipple $p_н$ and a «S-S» stud sensor - $p_ш$.

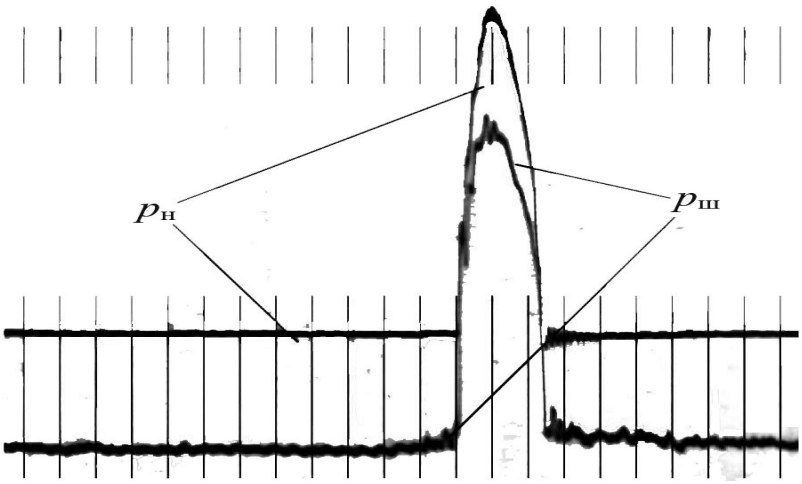


Fig. 4. Oscillogram of the fuel supply when $n_р$ = 46 rpm, m = 27

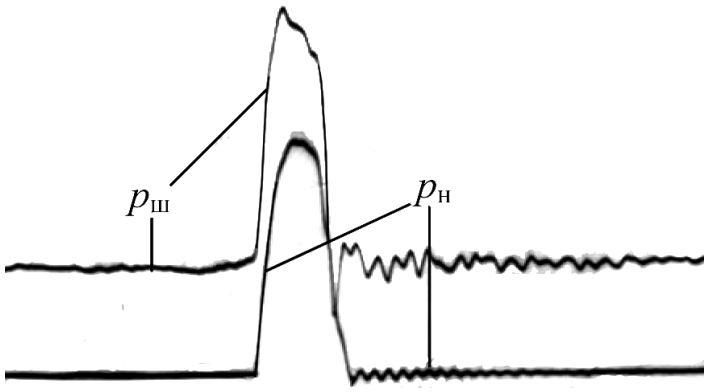


Fig. 5. Oscillogram of the fuel supply when $n_р$ =248 rpm, m = 32

Modes in which the trials were carried out correspond to the full operating frequency range of fuel equipment of the engine.

Visual assessment of the fuel pump pressure $p_н$ and deformations $p_ш$, recorded by «S-S» stud sensor curves indicates acceptable for the practice informativeness of the latter. A similar conclusion is obtained for the result of the frequency analysis of the oscillograms.

Conducted testing and analysis of obtained data allowed to draw the following basic conclusions.

As the base parts to create a combined high-pressure fuel injection pump sensor can be used a pump drive stud.

The parameters of the elements of the developed measuring system are coordinated with a significant margin for deflections, including their limit values.

Data of fuel injection control parameters received for the base and experimental sensors are equivalent for all operating conditions, except the minimum frequency of rotation with fractional injection.

The further works on the implementation of control systems of working processes with combined transducers was the development of an experimental shipboard version of such a system.

Sensors structurally corresponded to data of engines on which tests of System Control Diesels (SCD) were provided. These are middle speed 6D30/50 two-stroke engines with the following characteristics: diameter of a cylinder is 300 mm, a piston stroke of 500 mm; rated frequency of rotation 300 RPM; rated power is 441 kW.

The electronic module with the basic function of tensometric amplifier is created. A recording apparatus is manned. The software for monitoring of SCD is worked out. Measuring sensors are designed and made for two parameters: fuel pressure in HPFP and gases pressure in a cylinder.

Gauges structurally corresponded to data of engines, on whom tests DCS were provided.

Work is executed on two vessels- sea tows mv "Mars" and "Typhoon" where the specified diesel engines are used as the main ones. On the first check of assemblability of sensors and initial start of DCS is carried out.

On mv "Typhoon" full-scale start of system is carried out.. Components of tested experimental variant DCS are presented in the photo of fig. 6.

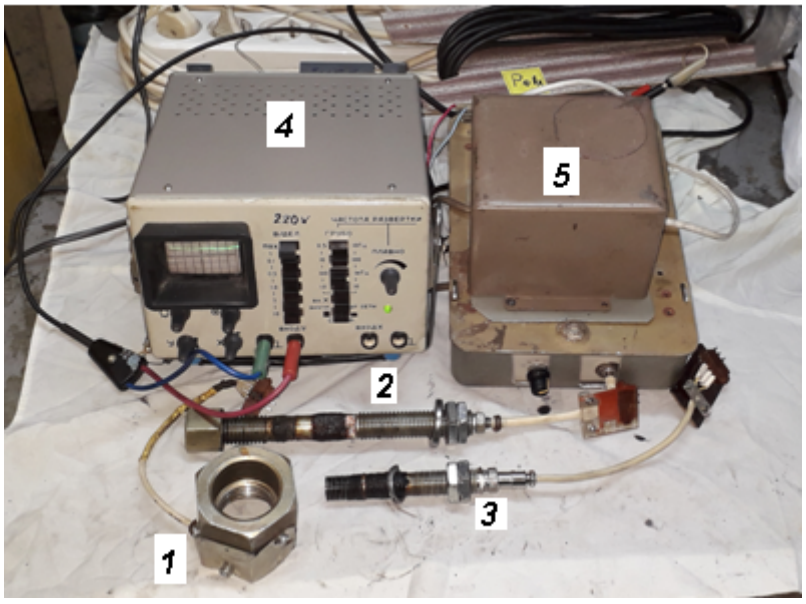


Fig. 6. Structure of a control system of diesels on the basis of the combined pressure transformers: 1- *pressure sensor of gases (nut) N-S*; 2 -fuel pressure sensor in HPFP the main S-So (long stud); 3 - fuel pressure sensor in HPFP short stud S-Sк; 4 – oscillograph; 5 – amplifier for sensors

The system consisted of two variants of the fuel pressure sensor in the fuel injection pump 2, 3 - a combination of measuring sensors based on the fuel pump mounting studs. One of them, the main «S-So» of greater length, was created on the basis of a stud for fastening the pump head; the other shortened one «S-Sк» combines the functions of mounting the injection pump flange.

For record of pressure of gases the gauge 1 on the basis of nut «N-S» of fastening of a cylinder cover is executed.

The system includes also an oscillograph 4 for registration of controllable processes and the tensometric amplifier 5. For parameters recording the personal computer is used also.

Accommodation of sensors on the engine 6Д30/50 m/v « Typhoon» is shown on Fig.7, 8.

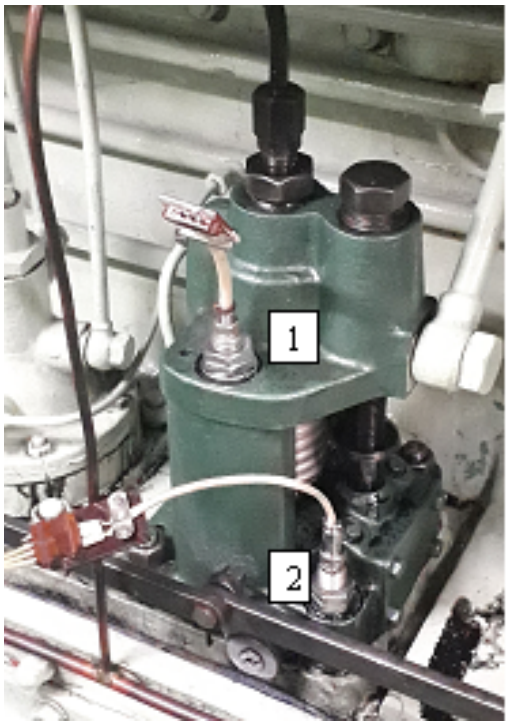


Fig. 7. Fuel pressure sensor on HPFP:1 - the basic «S-So» long stud sensor , 2 - «S-Sк» short stud sensor

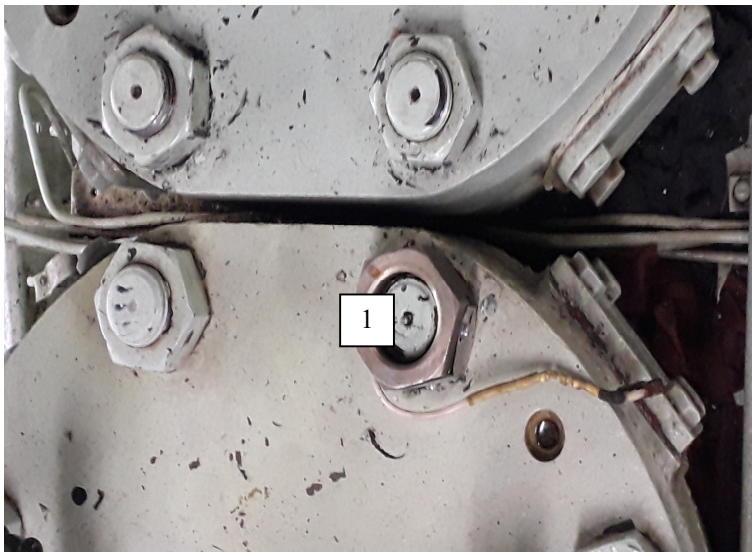


Fig. 8. The gauge of pressure of gases on a cylinder cover: 1 - the nut pressure sensor of gases "N-S"

The gas pressure in the cylinder and the fuel in the injection pump were recorded sequentially through a single channel in two modes:

- idling (with zero pitch angle of CPP turn) at frequency of rotation 200 RPM;
- at 300 RPM with zero pitch angle and shaft generator load of 8 kW.

During the tests, the following parameters were recorded:

- gas pressure in cylinder by « N-S » sensor;

▪ fuel pressure in high pressure pump main sensor;
▪ fuel pressure in high pressure pump with a «S-Sк» short sensor.

Oscillograms of pressure in fuel injection pump and gas pressure photographing from the screen of an analog oscilloscope. Recording was carried out continuously for several revolutions. The oscillograms below are a sample of many oscillograms. Along on the photos are their copies.

An example of recording the pressure of gases made with a PC is shown in Fig.9. The diagram clearly shows the characteristic points: the pressure at the time of the beginning of the visible combustion, the maximum pressure of combustion. You can appreciate the dynamic workflow.

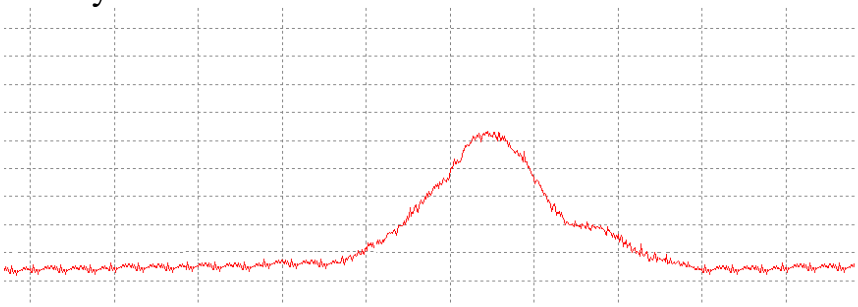


Fig. 9. Gases pressure record on the personal computer

The remaining oscillograms (Fig. 10-15) were obtained by filming from the screen of oscilloscope. Of these, the first four reflect the fuel pressure in the HPFP. The recording was made with two sensors: "S-S": main "S-So" Fig. 10, 11 and shorter length "S-Sк" Fig. 12, 13.

Record "S-So" is preferable, both in terms of signal level and in the absence of significant interference. Obviously, a large load on this sensor determines its greater sensitivity.

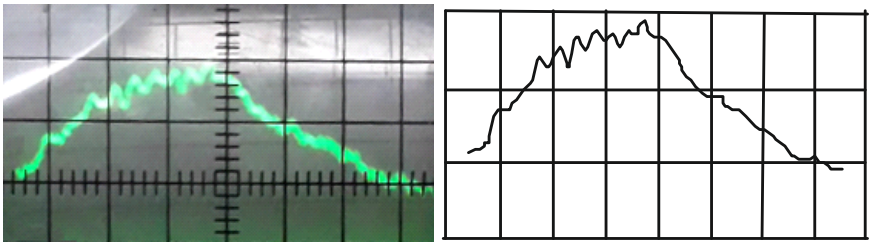


Fig. 10. The fuel pressure by idling at 200 rpm - "S-So" long stud sensor

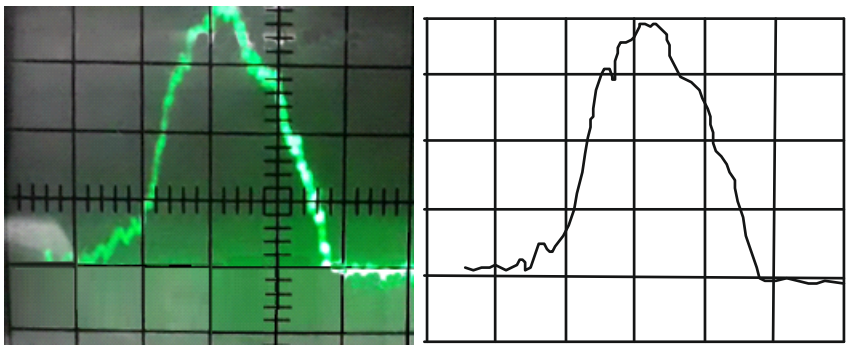


Fig. 11. Fuel pressure at 8 kW, 300 rpm - " S-So " long stud sensor

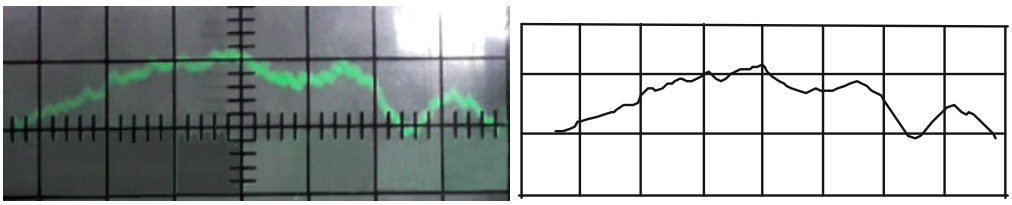


Fig.12 Fuel pressure by idling at 200 rpm - "S-Sк" short stud sensor

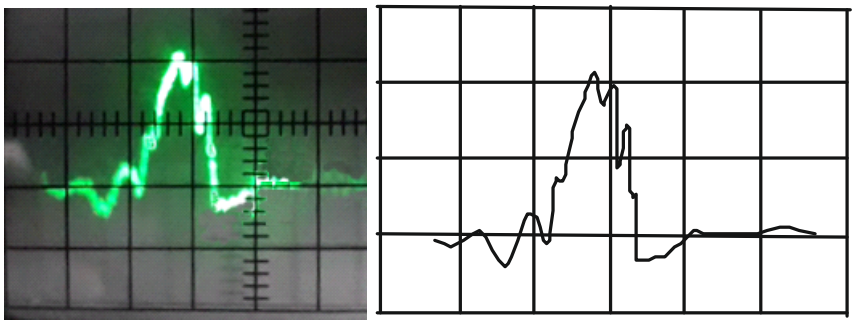


Fig.13. Fuel pressure at 8 kW, 300 rpm - "S-Sк" short stud sensor

When recording the injection process in a high-pressure pump and working process, it is possible to transform oscillograms for a more detailed analysis of individual sections or to obtain the required form when documenting it. This is achieved by varying the scanning frequency and scale when displaying an oscilloscope. Additional features in this area arise when editing an image on a computer.

Oscillograms of the working process in the cylinder (Fig. 14, 15) are developed indicator diagrams. The quality of registration provides obtaining the necessary information about the characteristics of the processes that form the working cycle: compression, combustion, expansion.

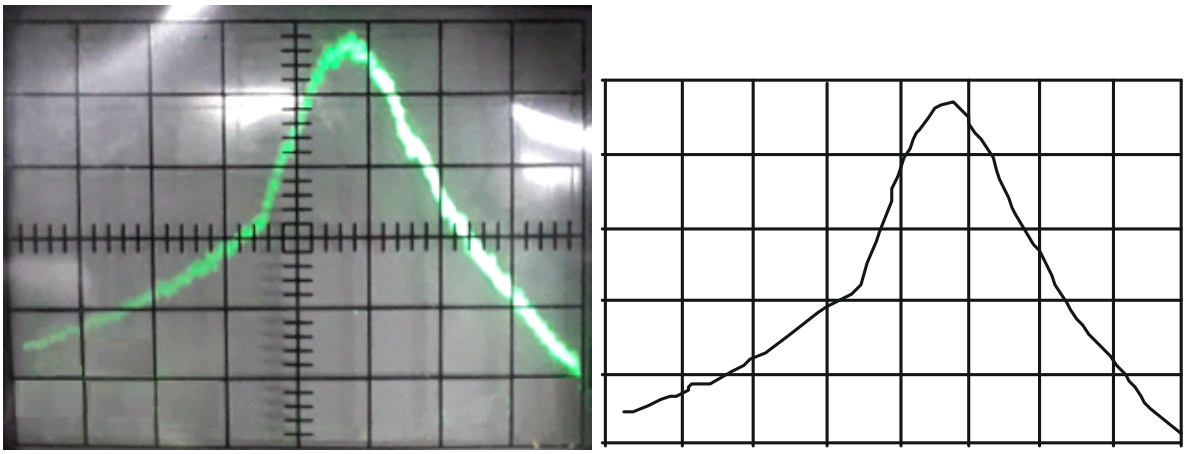


Fig.14. Pressure of gases by idling at 200 rpm - "N-S" nut sensor

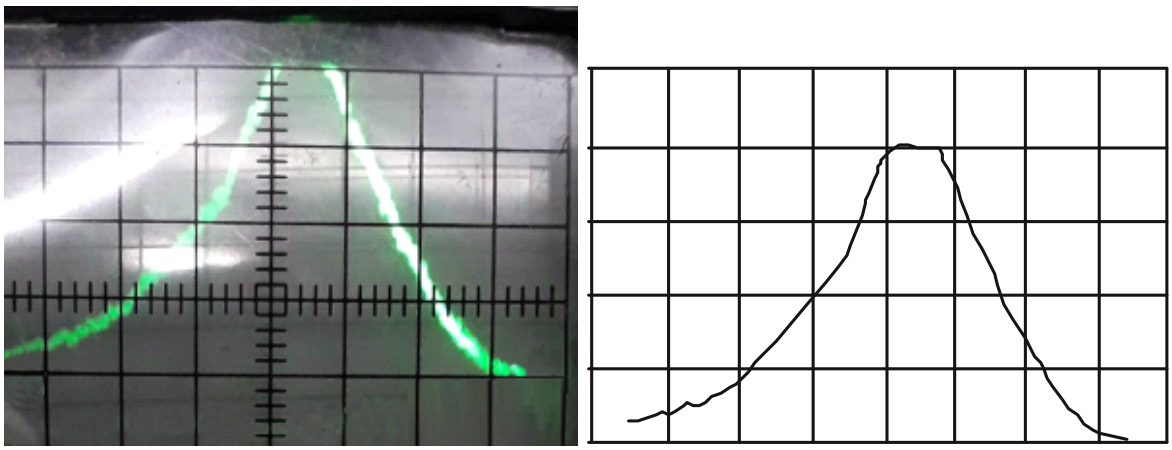


Fig.15. Gas pressure with a load of 8 kW at 300 rpm - "N-S" nut sensor

Conclusions

As the base parts to create a combined high-pressure fuel injection pump sensor can be used a pump drive stud.

The parameters of the elements of the developed measuring system are coordinated with a significant margin for deflections, including their limit values.

Data of fuel injection control parameters received for the base and experimental sensors are equivalent for all operating conditions, except the minimum frequency of rotation with fractional injection.

The ship tests of experimental SCD variants on the basis of combined measuring converters have confirmed at a qualitative level (without numerical parameters) the possibility of its use for the registration of fuel supply and the working process of ship diesel engines.

УДК 621.431.74

Половинка Є.М. Слободянюк М.В.
Національний університет «Одеська морська академія»
Інститут Військово-Морських Сил Національного університету “ОМА”

Статистичні моделі характеристики паливоподачі суднового середньобертового дизеля

Дослідження показують [1, 2, 3, 4], що судові дизельні установки піддаються впливу коливального навантаження природного й технологічного походження. Вивчення впливу коливань на окремі вузли й системи дизеля, у тому числі на паливну систему представляється актуальним при формуванні й оцінці моделі процесу паливоподачі [5, 6, 7, 8, 9, 10].

Моделювання процесів у паливній системі високого тиску дозволяє визначити взаємозв'язок параметрів паливоподачі з режимними й регулювальними факторами. Це дозволить у подальшому формувати рекомендації в області поліпшення процесу паливоподачі, витрат палива й оптимальність експлуатаційних режимів у цілому.

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

Метою доповіді є формування й оцінка характеристик статистичних моделей паливоподачі суднового середньобертового дизеля.

Традиційно, характеристики систем паливоподачі дизелів у графічному виді й у формі аналітичних моделей, подаються у статистичній обробці експериментальних даних, з оформленням результатів у формі регресійних залежностей. У даній роботі наведено саме такий підхід, який здійснений при аналізі результатів виміру параметрів паливоподачі суднового середньобертового дизеля, а дані отримані у ході безмоторних динамічних стендових випробувань. Умови експерименту відповідають навантажувальній [11] і швидкісній [12] характеристикам.

Експериментальні гідродинамічні показники на навантажувальній і швидкісний характеристиках отримані в ході проведення експериментального дослідження паливної системи високого тиску дизеля 6ЧН25/34 на безмоторному стенді. Пристрій і характеристики безмоторного стенда викладені в роботі [13].

У ході експериментального дослідження вимірювальною системою реєструвалися:

− тиск палива в штуцері паливного насоса $p_{н}$;

− тиск палива на вході у форсунку $p_{ф.вх}$;

− тиск у паливному каналі форсунки $p_{ф.к}$;

− хід голки розпилювача (форсунки) z;

− визначалася частота обертання розподільного валу $n_{р}$;

− фіксувався кут повороту розподільного валу φ;

− вимірявся час t;

– переміщення рейки паливного насосу високого тиску (ПНВТ) $m_{р}$;

– затягування голки форсунки при випробуваннях склала 70 бар.

Рух рейки ПНВТ задавався циклограмою вихідних даних.

Методика дослідження включає статистичний аналіз на навантажувальній і швидкісний характеристиках.

Статистичний аналіз гідродинамічних показників на навантажувальній характеристиці виконаний за експериментальним даними, представленими у роботі [11].

Отримані експериментальні дані, в умовах динамічних випробувань при фіксованому положенні параметрів керування електродвигуном безмоторного стенда показали, що коливання навантаження викликані переміщенням рейки ПНВТ, були пов'язані зі зміною частоти обертання розподільного валу. Граничні зміни частоти обертання $n_{р}$ склали 233÷255 об/хв, що відповідає 9% або ± 4.5% від середнього значення.

Графік ходу експерименту показано на рис. 1.

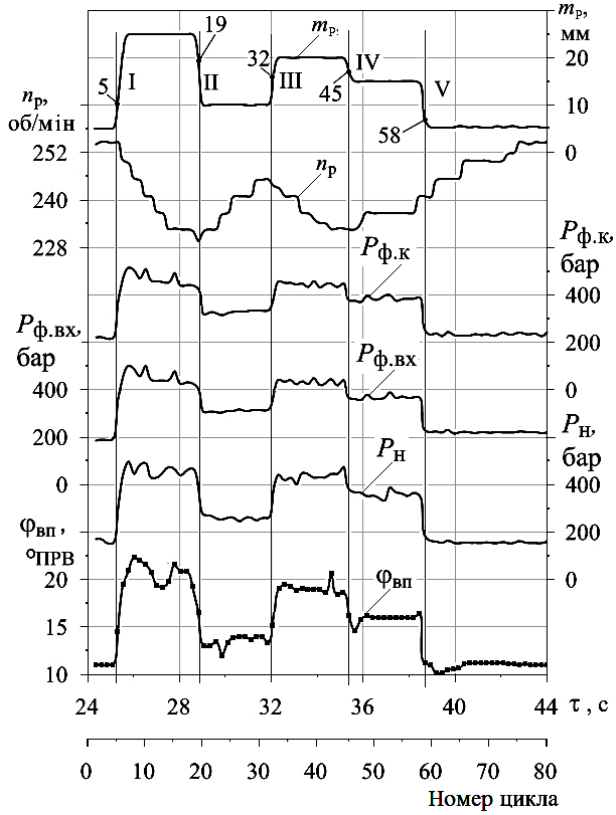


Рис. 1. Параметри паливоподачі на режимі навантажувальної характеристики при динамічних випробуваннях:

I – 5–25 мм; II – 25–10 мм; III – 10–20 мм; IV – 20–15 мм; V – 15–05 мм;
5, 19, 32, 45, 58 – номера циклів при переміщенні рейки

Для оцінки статистичної значимості зміни $n_р$ в отриманому діапазоні проведено аналіз спільного впливу положення рейки $m_р$ і $n_р$ на величину кута упорскування $\varphi_{вп}$. За допомогою пакета STATISTICA отримано двохфакторнє регресійне лінійне рівняння щодо факторів $\varphi_{вп} = 7{,}4168 + 0{,}49322 m_р + 0{,}0050825 n_р$. Статистичні параметри моделі представлені в табл.1, 2.

Для оцінки значимості частоти обертання розглянемо два показника: рівень значимості p і критерій Ст'юдента t.

Таблиця 1

Одномірні критерії значимості для $\varphi_{вп}$					
Ефект	SS	Ступені волі	MS	F	p
Вільн.член	1,6728	1	1,6728	9,561	0,003074
$m_р$	438,8614	1	438,8614	2508,426	0,000000
$n_р$	0,0494	1	0,0494	0,2823	0,597274
Помил.	9,9724	57	0,1750	-	-

Таблиця 2

Оцінки параметрів						
Ефект	$\varphi_{вп}$ Парам.	$\varphi_{вп}$ Ст.помил.	$\varphi_{вп}$ t	$\varphi_{вп}$ p	$\varphi_{вп}$ Бета (?)	$\varphi_{вп}$ Ст. помил.2
Вільн.член	7,4168	2,39861	3,0921	0,0307	-	-
$m_р$	0,4932	0,00985	50,0842	0,0	0,9997	0,01996
$n_р$	0,0051	0,00957	0,5313	0,5313	0,0106	0,01996

Величина p = 0,597 неприйнятна, при заданому p = 0,05, а прийнятна при $t = \sqrt{F} = \sqrt{0{,}2823} = 0{,}531 << t_{табл} = 12{,}7$.

Таким чином, вплив коливання частоти обертання на кут упорскування незначний, тому подальший аналіз слід проводити для одного фактору навантажувальної характеристики – положення рейки ПНВТ $m_р$.

Аналогічні результати отримані й для інших параметрів паливоподачі $p_{ф.к}$ й $p_н$ – тиску в паливному каналі форсунки й тиску палива в штуцері паливного насоса.

Дослідження статистичних параметрів впливу взаємозв'язку характеристик упорскування палива при роботі системи паливоподачі показали нелінійну залежність ($p_н$, $p_{ф.к}$) від $m_р$, що послужило підставою для побудови однофакторної моделі другого порядку у формі регресійного рівняння $p_н = f(m_р, m_р^2)$, $p_н = 12{,}454 + 30{,}272m_р - 0{,}47403m_р^2$. Статистичні параметри даного регресійного рівняння наведені в таблицях: одномірні критерії значимості табл.3; оцінки параметрів табл.4; 'SS моделі й SS залишків', що характеризують модель у цілому табл.5.

Статистичні дані моделі $p_н = f(m_р, m_р^2)$ **Таблиця 3**

Одномірні критерії значимості для $p_н$					
Ефект	SS	Ступені волі	MS	F	p
Вільн.член	425,0	1	425,0	4,097	0,047655
$m_р$	104825,3	1	104825,3	1010,448	0,00
$m_р^2$	23519,2	1	23519,2	226,710	0,00
Помил.	5913,3	57	103,7	-	-

Таблиця 4

Оцінки параметрів						
Ефект	$p_н$ Парам.	$p_н$ Ст.помил.	$p_н$ t	$p_н$ p	$p_н$ Бета (?)	$p_н$ Ст.помил.2
Вільн.член	12,454	6,153269	2,0241	0,047655	-	-
$m_р$	30,272	0,952339	31,7875	0,0	1,833541	0,057681
$m_р^2$	-0,47403	0,031483	-15,0569	0,0	-0,868498	0,057681

Таблиця 5

SS моделі й SS залишків для $p_н$											
Залежна змінна	множинна R	множинна R2	Скоригована R2	SS моделі	cc моделі	MS моделі	SS залишку	cc залишку	MS залишку	F	p
$p_н$, бар	0,9964	0,9928	0,9925	810051	2	405025	5913,25	57	103,74	3904,2	0,0

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

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

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

Статистичний аналіз гідродинамічних показників на швидкісній характеристиці виконаний за експериментальними даними, представленими у роботі [12].

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

Висновки

Результати моделювання показали статистичну значимість і можливості використання для оцінки швидкісної та навантажувальної характеристик суднового середньобертового дизеля.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Патрахальцев Н.Н. Влияние переходных процессов в топливной аппаратуре дизеля на его динамические качества / Н.Н. Патрахальцев, М.Н. Пономарёв, А.А. Савастенко // Вестник РУДН, сер. Инженерные исследования. – 2003. №1. – С. 15-18.

2. Патрахальцев Н.Н. Влияние переходных процессов в топливной аппаратуре на динамические свойства дизеля //Известия ВУЗов. - Машиностроение. – 1987. № 4. – С. 65- 0.

3. Овчаренко С.М. Влияние переходных процессов на расход топлива дизелем в эксплуатации / С.М. Овчаренко, П.С. Корнеев, В.А. Четвергов // Известия Транссиба. 2012. №1(9). С. 27-32.

4. Хомич А.З. Экономия топлива и теплотехническая модернизация локомотивов / А.З. Хомич, О.И. Тупицын, А.Э. Симсон – М: Транспорт, 1975. – 264 с.

5. Щегло В.А. Функциональное диагностирование топливной аппаратуры в перспективной системе гибкого ремонтно-обслуживающего воздействия / В.А. Щеглов // Вестник науки и образования Северо-Запада России 2016, Т. 2, № 4. С. 1 - 7.

6. Блинов П.Н. Применение математической модели процесса топливоподачи топливной аппаратурой тепловозных дизелей для многовариантных расчетов / П.Н. Блинов, А.П. Блинов // Известия Транссиба №3(19). 2014. С. 2 - 7.

7. Фомин, Ю.Я. Топливная аппаратура дизелей [Текст] / Ю.Я. Фомин, Г.В. Никонов, В.Г. Ивановский – М. : Машиностроение, 1982 – 168 с.

8. Блинов А.П. Разработка математической модели совместной работы топливной аппаратуры высокого давления и регулятора частоты вращения коленчатого вала дизеля / А.П. Блинов, П.Н. Блинов, П.А. Бернс // Известия Транссиба №3(31). 2017. С. 12 - 22.

9. Троицкий А.В. Компьютерное моделирование топливоподачи в судовом среднеоборотном четырехтактном дизеле / А. В. Троицкий // Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. 2009. № 2. С. 188-191.

10. Иванченко А.А. Проблемы и опыт математического моделирования экологических и эксплуатационных показателей судового высокооборотного дизеля м482 / А.А. Иванченко, И.А. Щенников // Вестник Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2016. №3 (37). С. 166-173.

11. Половинка Э.М. Нагрузочная характеристика системы впрыскивания топлива судового среднеоборотного дизеля в условиях динамических испытаний / Э.М. Половинка, Н.В. Слободянюк // Technology audit and production reserves. – 2018. – № 6/1(44). – С. 41-49.

12. Половинка Э.М. Скоростные характеристики системы топливоподачи судового среднеоборотного дизеля на переменных режимах / Э.М. Половинка, Н.В. Слободянюк // Молодий вчений. – 2016. – № 3(43). – С. 735-740.

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

УДК 621.436

Кривий М. О.
Національний університет «Одеська морська академія»

Модель неньтонівського мастильного шару в парах ковзання в суднових енергетичних установках

Важливими вузлами при дослідженні надійності і довговічності роботи судових енергетичних установок (СЕУ) є пари ковзання, в яких відбуваються процеси зношування і значні тепловиділення. Запорукою зменшення цих негативних впливів на загальну роботу СЕУ є наявність в зоні тертя мастильного шару і якість машинної оливи [1-8]. В роботі досліджено влив на наявність мастильного шару властивостей машинної оливи, зокрема її в'язкості.

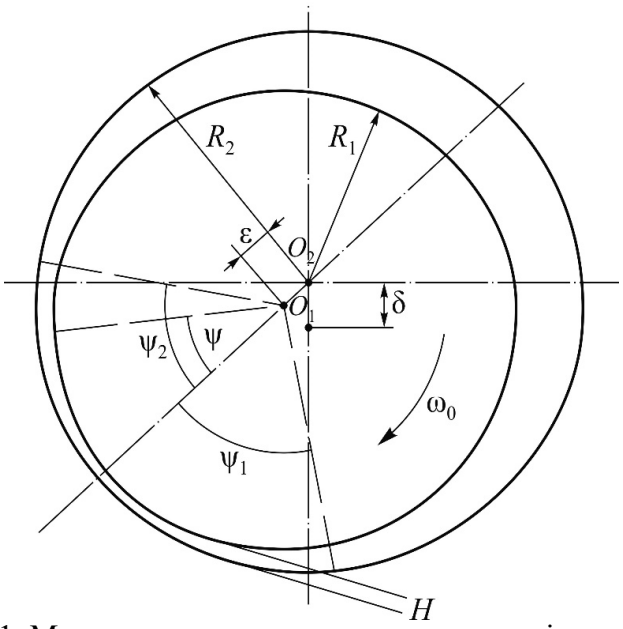


Рис. 1. Модель руху мастильного шару в парі ковзання.

На рисунку 1 подана модель руху мастильного шару в парі ковзання. Будемо вважати, що гідродинамічні процеси в парі ковзання не залежать від повздовжньої координати, тобто швидкість руху мастила вздовж осі обертання суттєво менше швидкості кругового обертання і ним можна знехтувати. Крім того, будемо вважати усталеним режим обертання внутрішнього тіла пари ковзання, тобто $\omega(t)=\omega_0$, а густину мастила ρ сталою. При таких припущення тиск в мастильному шарі $p(\psi)$ і його товщина $H(\psi)$ зв'язані рівнянням Рейнольдса[1,2]:

$$\frac{d}{d\psi}\left(\frac{\rho H^3}{\mu}\frac{dp}{d\psi}\right)=6\omega_0 R_1 R_2\frac{d\left(pH\right)}{d\psi},\ \psi_1<\psi<\psi_2. \qquad (1)$$

де R_1, R_2 – відповідно радіуси тіла обертання і зовнішнього нерухомого циліндричного тіла, ψ_1, ψ_2 – визначають початок і кінець робочої контактної зони, в яких виконуються умови

$$p(\psi_1)=p(\psi_2)=0. \qquad (2)$$

Якщо допустити відсутність деформації в елементах пари ковзання, то для товщини прошарку мастил не важко отримати подання

$$H\left(\psi\right)=\delta+\varepsilon\cos\psi, \qquad (3)$$

де δ, ε – відповідно радіальний зазор і ексцентриситет центрів тіл пар ковзання.

Будемо вважати що мастило є неньютонівською рідиною: динамічна в'язкість μ залежить від тиску $p(\psi)$, тобто має місце співвідношення Баруса

$$\mu=\mu_0 e^{\xi p(\psi)}, \qquad (4)$$

де ξ – п'єзо коефіцієнт в'язкості мастил, Па–1 (для нафтових моторних мастил $\xi\sim(2\ldots3)\cdot10^{-3}$ Па).

Після інтегрування диференціальне рівняння (1) прийме вигляд

$$H^3 e^{-\xi p(\psi)}\frac{dp}{d\psi}=6\mu_0\omega_0 R_1 R_2 H+C,\quad \psi_1<\psi<\psi_2. \qquad (5)$$

Для визначення довільної сталої *C* скористаємося умовою

$$\frac{dp(\psi_0)}{d\psi} = 0,$$

де ψ_0 значення кута при якому товщина прошарку досягає мінімуму а тиск максимуму: $H_{\min} = H(\psi_0)$, $p_{\max} = p(\psi_0)$. Якщо допустити, зокрема, що максимальне значення тиск досягає в середині робочої області пари ковзання, то можна вважати $\psi_0 = \frac{\psi_1 + \psi_2}{2}$. Отже, після підстановки ψ_0 в рівняння (5), отримаємо $C = -\mu_0 6\omega_0 R_1 R_2 H_{\min}$. Остання формула дозволяє рівняння (5) подати так

$$e^{-\xi p}\frac{dp}{d\psi} = \frac{\Theta}{\xi}\frac{(\cos\psi - \cos\psi_0)}{(1+\varepsilon_0\cos\psi)^3}, \quad \psi_1 < \psi < \psi_2, \tag{6}$$

де

$$\delta_0 = \frac{\delta}{R_1}, r_0 = \frac{R_2}{R_1}, \varepsilon_0 = \frac{\varepsilon}{\delta}, \quad \Theta = 6\xi\mu_0\omega_0\frac{\varepsilon_0 r_0}{\delta_0^2}.$$

Диференціальне рівняння (6) допускає розділення змінних і отже для нього може бути отриманий розв'язок в квадратурах, який задовольняє граничним умовам (2):

$$p(\psi) = -\frac{1}{\xi}\ln\left(6\xi\mu_0\omega_0 R_1 R_2 \varepsilon \int_{\psi_1}^{\psi}\frac{(\cos\alpha - \cos\psi_0)}{(\delta + \varepsilon\cos\alpha)^3}d\alpha\right), \quad \psi_1 < \psi < \psi_2. \tag{7}$$

Для ньютонівських мастил розв'язок диференціального рівняння (6) буде мати вигляд

$$p(\psi) = 6\mu_0\omega_0\frac{\varepsilon_0 r_0}{\delta_0^2}\int_{\psi_1}^{\psi}\frac{(\cos\alpha - \cos\psi_0)}{(1+\varepsilon_0\cos\alpha)^3}d\alpha, \quad \psi_1 < \psi < \psi_2.$$

Отриманий розв'язок дозволяє визначити загальний питомий тиск P, силу в'язкого зсуву T і коефіцієнт тертя K_{tk} в мастильному шарі пари ковзання для неньютонівських мастил:

$$P = \frac{R_1}{\xi}\Phi_{P,\Theta},\ T = \frac{\mu_0\omega_0 r_0}{\delta_0}\Phi_T,\ K_{tk} = \frac{T}{P}, \tag{8}$$

де

$$\delta_0 = \frac{\delta}{R_1},\ r_0 = \frac{R_2}{R_1},\ \ \varepsilon_0 = \frac{\varepsilon}{\delta},\ \Theta = 3\xi\mu_0\omega_0\frac{\varepsilon_0 r_0}{\delta_0^2},$$

$$\Phi_{P,\Theta} = \int_{\psi_1}^{\psi_2}\cos(\psi+\psi_0)\ln\left(2\Theta\int_{\psi_1}^{\psi}\frac{(\cos\alpha-\cos\psi_0)}{(1+\varepsilon_0\cos\alpha)^3}d\alpha\right)d\psi,$$

$$\Phi_T = \frac{3}{2}\int_{\psi_1}^{\psi_2}\frac{\varepsilon_0(\cos\psi-\cos\psi_0)e^{\xi p}}{(1+\varepsilon_0\cos\psi)^2}d\psi + \frac{1}{2}\int_{\psi_1}^{\psi_2}\frac{e^{\xi p}d\psi}{1+\varepsilon_0\cos\psi}.$$

Висновки. Отже, отримано розв'язок краєвої задачі для диференціального рівняння Рейнольдса, в результаті знайдено вираз для розподілу тиску в мастильному шарі пари ковзання для неньютонівських мастил і силові характеристики (7), що дозволяє застосувати, зокрема, критерій Зомерфельда [1,2] для визначення умов відсутності зон сухого тертя в області контакту пар ковзання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Чернавсский С. А. Подшипники скольжения / С.А. Чернавсский // М. : МАШГИЗ, 1963.- 243 с.

2. Справочник по триботехнике / Под общ. ред. М. Хебды, А. В. Чичинадзе. В 3 т. Т.1. Теоретические основы. М. : Машиностроение, 1989. – 400 с..

3. Sagin S. V., Semenov O. V. Motor Oil Viscosity Stratification in Friction Units of Marine Diesel Motors / American Journal of Applied Sciences, 2016. – Vol.13. – Iss. 2. – P. 200-208. DOI: 10.3844/ajassp.2016.200.208

4. Sagin S. V. Marine Slow-Speed Diesel Engine Diagnosis with View to Cylinder Oil Specificarion / S. V. Sagin, O. V. Semenov // American Journal of Applied Sciences, Published by Science Publication, 2016. – Vol.13. – Iss. 5. – P. 618-627. DOI: 10.3844/ajassp.2016.618.627

5. Sagin S. V. The Use of Exhaust Gas Recirculation for Ensuring the Environmental Performance of Marine Diesel Engines / S. V. Sagin; O. A. Kuropyatnyk // OUR SEA : International Journal of Maritime Science & Technology. – June 2018. – Vol. 65. – Iss. 2. – P. 78-86. doi.org/10.17818/ NM/2018/2.3.

6. Кривой М. А. Обеспечение режимов смазывания подшипниковых узлов судовых малооборотных дизелей при режимах пуска и реверса / М. А. Кривой // Суднова енергетика: стан та проблеми : матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв : НУК, 2017. – С. 74-78.

7. Кривий М. О. Особливості реології моторних мастил при забезпеченні режимів змащення пар тертя суднових мало-обертових дизелів./М.О. Кривий //Річковий та морський флот: експлуатація і ремонт: матеріали науково-технічної конференції. – Одеса : НУ «ОМА», 2017. – С. 31-34.

8. Кривой М. А. Исследование явления сртратификации вязкости моторного масла в узлах трения судовых дизелей / М. А. Кривой // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2018): матеріали X

Міжнародної науково-практичної конференції – Херсон : ХДМА, 2018.- С. 321-324.

УДК 629.461

Руснак Д. Ю., Сагін С. В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Забезпечення екологічних вимог при ультразвуковій десульфурізації вуглеводних палив

У XXI столітті на більшості торгівельних суден в якості джерела енергії для теплових двигунів продовжують використовувати вуглеводні палива. Найбільш розповсюдженими типами суднових теплових двигунів є дизелі, які у сукупності з корпусом, гребним валом та гвинтом складають пропульсивний комплекс. На суднах дизельні двигуни бувають головні, допоміжні та аварійні. Паливом для малообертових (МОД) і середньообертових двигунів (СОД) є важке паливо (це побічний продукт перегонки нафти який має великий відсоток сірки у складі) та дизельне паливо (дистилят, вміст сірки в якому мінімальний) [1].

В малообертових двигунах проблема з використанням важкого палива вирішена тому, що на них конструктивно передбачена циліндрова система мащення, вона в свою чергу нейтралізує дію сірчаної кислоти яка утворюється під час взаємодії сірки та кисню. Інше питання вже середньообертові двигуни де відсутня циліндрова система мащення. Саме через це середньообертові двигуни є більш вразливі до дії сірчистої корозії.

Елементний хімічний склад палива – це склад хімічних елементів з яких утворюється паливо, виражений в масових частках, або у масових відсотках. Паливо має досить високе число елементів у своєму складі, але не дивлячись на це елементний хімічний склад палива виражається залежністю [2].

$$Cp + Hp + Op + Np + Sp + Ap + Wp = 100\%,$$

що демонструє його основні горючі речовини: сірку (S), водень (H), вуглець (C), а також кисень (O), і азот (N), всі вони перебувають в складних високомолекулярних зв’язках, і так само не горючі мінеральні домішки. Під час згоряння вони перетворюються в золу і вологу (W) [3].

Підвищена частота обертання СОД зменшує час, який відводиться для впорскування, сумішоутворення, і згоряння палива в циліндр (у порівнянні з МОД). Цей факт є причиною сірчаної корозії, і сірчаного зносу механізму випускного клапану, паливної апаратури, циліндропоршньової групи (ЦПГ).

У фірмах MAN-Diesel & Turbo і Wärtsilä-Sulzer публікують інформацію, що найбільшу кількість відмов припадає на деталі ЦПГ, паливну апаратуру, і випускні клапани. Досить логічно припустити, що це, перш за все, можна зв’язати з якістю підготовки палива та його властивості згоряння. Основний вплив на стан цих деталей роблять механічні домішки що містяться у паливі

(карбоїди, карбени, частки не органічного походження), меркаптанові сполуки сірки, різні види солі що містить вода (особливо морська), усі вони під час згоряння перетворюються в золу. Доречно було б врахувати той факт, що існуючі на борту суден системи паливо підготовки в їх «штатному» комплектуванні не можуть забезпечити повну очистку від всіх описаних домішок. Достатньо добре вирішено на сьогоднішній день питання зменшення у паливі механічних домішок і води, і меншою є успішність видалення золи, а практично жодним чином не вирішено питання очищення від сірки.

Сірка є частиною численної групи сірковмісних гетероатомних з'єднань. Палива поділяються на: з малим вмістом сірки (вміст сірки 0,01…0,5 % по масі); з великим вмістом сірки (вміст сірки до 3,5 %). Сірка як правило знаходиться у високо киплячих фракціях нафти (це більше 400° С), менш частіше у низько киплячих. Сірка є небажаним хімічним елементом в паливі з точки зору екології та сірчаної корозії.

На сьогоднішній день вирішено завдання зниження сірчистого зносу деталей двигунів внутрішнього згоряння стосовно МОД, що мають окрему лубрикаторну систему мащення. При цьому треба лише знайти оптимальне співвідношення між кількістю сірки в паливі і кількості лужних присадок що є у мастилі. СОД мають загальну систему змащення, тому використання мастила з підвищеним вмістом лугу не доцільне. В першу чергу з економічної точки зору, через високу вартість. По друге через їх експлуатаційні параметри, які є гіршими, вони дають менший опір при нормальних навантаженнях. Тому можна казати про те, що у випадку з СОД єдиним методом боротьби з наслідками впливу сірчистого палива є його додаткова обробка перед впорскуванням у циліндр, що до речі сприяє згодом зниженню сірчистого зносу [4].

Враховуючи це необхідно брати до уваги, що повинен бути комплексний підхід до видалення сірчаних домішок з палива. Треба пам’ятати, що будь-яка фізична дія на паливо призводить до зміни усіх його компонентів.

Один з ефективних методів є використання палива з вмістом сірки 0,01…0,1 %. Однак на сьогоднішній день нафтопереробні заводи не в змозі забезпечити таким паливом усіх охочих. Справедливо буде зазначити про значну вартість цього палива, через це не всі можуть його придбати. Не мало важливим є те, що далеко не всі порти в змозі зберігати таке паливо. Враховуючи сказане частіше за все СОД використовують палива з вмістом сірки 2,5…3,5 %. Використання таких палив призводить до підвищеного корозійного зносу деталей ЦПГ, тому необхідна є додаткова паливо підготовка, в якості якої можливо використовувати ультразвукову кавітаційну обробку. Використання ультразвукової системи дозволяє знизити знос поршневих кілець и циліндрових втулок приблизно в 2,3…3,7 рази. Дуже важливо що також зменшується вміст оксидів сірки у випускних газах випускного тракту дизеля в 2,3…2,7 рази, що покращує технічний стан ЦПГ так само як і його випускної системи. Що важливо для персоналу знижується на 35…40 % трудомісткість робіт з обслуговування дизеля. Впровадження на морських суднах результатів попередніх досліджень дозволило поліпшити на 3,5…4,8 % економічні, та на 7,3…9,6 енергетичні показники суднового СОД. Вдосконалення системи пали-

во підготовки СОД можливе за рахунок проведення кавітації методом ультразвуку, що сприяє розриву C – S зв'язків і десульфурізації палива.

Розглянемо особливість кавітаційної обробки палива на суднах. Суднове паливо є високомолекулярною, гетерогенною рідиною, у якому під час впливу атмосферного тиску і нормальної температури молекули складно орієнтуються. Метод кавітації є одним з найпоширеніших методів розриву міжмолекулярних зв'язків, під час якого відбувається утворення розривів палива в результаті місцевого спаду тиску. Якщо в наслідок великих локальних швидкостей відбувається зниження тиску, то кавітація вважається гідродинамічною, а якщо це відбувається за допомоги проходження в паливі акустичних хвиль то вона називається акустичною, або ультразвуковою. Ефект кавітації супроводжується мікровибухами під дією ультразвуку, і механічними зрізами та зіткненням під впливом сотень ріжучих пар, які рухаються на зустріч з високою лінійною швидкістю [5]. Під час розповсюдження ультразвукової хвилі розтягуючи зусилля в паливі в області розрядження хвилі приводять до появи розривів, тобто дрібних анти кавітаційних бульбашок які заповнені газом і парою. Це додатково сприяє ультразвуковій кавітації. Бульбашки кавітацій утворюються в момент, коли підходить до фази хвилі ультразвуку. Як правило кавітаційні бульбашки короткочасні: під час стиснення майже всі вони закриваються. Тобто можна казати, що кавітаційні бульбашки закриваються одразу після дії ультразвукової хвилі. Достовірним результатом досліджень є те, що ультразвукові хвилі можуть змінювати агрегатний стан палива, також диспергує і емульгує його, може змінювати швидкість дифузії, а також кристалізації розчинення речовин, пришвидшує технологічні процеси, активізує реакції. Хвилі великої амплітуди які проходять через паливо, утворюють так звані області стиснення і розрядження. При достатньо великому розрядженні виникає так званий «негативний тиск», що приводить до розриву палива. Порожнечі як правило займає газ, який потрапляє туди через дію дифузії від навколишнього палива, а також з парами палива. Оскільки після розрядження наступає стиснення, різко зростає тиск на пухирець, це призводить до «схлопування» бульбашок. Під час цього процесу виникають хвилі високої інтенсивності.

Ультразвукова кавітація є досить ефективним способом концентрації енергії звукових хвиль низької щільності в високу густину енергії, це пов'язано з пульсаціями кавітаційних бульбашок і зменшенням радіусу навколо них R до мінімально можливого $R_{\min}$ «схлопування». Будування кавітаційних зон відбувається в наступній послідовності, ще їх називають «кавітаційні бульбашки» в паливному середовищі. Під час фази розрідження акустичної хвилі в паливі утворюється розриви у вигляді порожнин, вони в свою чергу заповнюються насиченими парами палива. У фазі стиснення під дією підвищеного тиску і сил поверхневого натягу порожнина закривається, а пари палива конденсуються на кордоні розділу фаз. Через стінки порожнини в ній дифундує розчинений в паливі газ, який потім піддається сильному адіабатичному стисненню [6].

Відповідно до вимог MARPOL глава VI, з 1 січня 2020 року вміст сірки в паливі, що використовується на морських суднах, не повинен перевищувати 0,5 %. Використання такого палива є досить дорогим. Тому деякі компанії пі-

шли на те щоб знизити викид сірки в випускних газах завдяки скруберам. Спосіб ультразвукового очищення палива є доцільним і на сьогоднішній день у поєднанні зі скрубером. Через те, що використання установки дозволяє знизити знос деталей дизеля. Відпрацьовані пари сірки з установки у простому вигляді викидаються в атмосферу, але наступний спосіб дозволяє не викидати гази в атмосферу, а пропускати їх через скрубер (рис. 1). Гази які проходять через скрубер проходять через спіраль та орошаються водою. Осад який утворюється під час роботи дренується у спеціальний танк для зберігання. Це дасть можливість, підвищити надійність двигуна, та зберегти довкілля.

Рис. 1. Схема скруберного очищення

Результат досліджень використання системи ультразвукової паливо підготовки показує що ефективність системи доведено меншим зносом паливної апаратури, ЦПГ, випускних клапанів циліндра, випускного тракту та інше. Зменшується лакоутворення, та зменшується вплив сірчаної корозії. Модернізація системи дозволить підвищити надійність двигуна та збереже довкілля. І ця модернізація змогла б повністю відповідати усім вимогам MARPOL. Забрудненну воду можна здавати у порту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Sagin S. V. The investigations of the influence of ultrasonic fuel processing on sulfur wear of details in cylinder group of marine diesel engines / S. V. Sagin, V. G. Solodovnikov // European Science and Technology : material of the XVI international research and practice conference, Munich, March 14th – 15th, 2017. – Munich, Germany 2017. – P. 61-74.

2. Sagin S. V. Estimation of Operational Properties of Lubricant Coolant Liquids by Optical Methods / S. V. Sagin, V. G. Solodovnikov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – Vol. 12. – Num. 19. – P. 8380-8391.

3. Солодовников В.Г. Применение дополнительной ультразвуковой обработки топлива в топливных системах судовых дизелей // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті : Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції MINTT-2018, 29-31 травня 2018 р. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2018. – С. 362-365.

4. Солодовніков В Г. Використання ультразвукової обробки в модульних схемах побудови суднових систем паливопідготовки / В Г. Солодовніков // Суднові енергетичні установки : наук.-техн. зб. Вип. 38. – Одеса : НУ «ОМА», 2018. – С. 158-168.

5. Sagin S. V. Decrease in mechanical losses in high-pressure fuel equipment of marine diesel engines / S. V. Sagin // Materials of the International Conference “Scientific research of the SCO countries: synergy and integration”. Part 1. August 31, 2019. Beijing, PRC. – P. 139-145. DOI. 10.34660/INF.2019.15.36258

6. Руснак Д. Ю. Підвищення ефективності використання палива методом ультразвукового очищення / Д. Ю. Руснак, Ю. М. Довіденко // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті : Матеріали науково-технічної конференції молодих дослідників «Суднові енергетичні установки : експлуатація та ремонт», 21.11.2019. – Одеса : НУ «ОМА», 2019. – С. 314-320.

УДК 621.436.12

Величко С.С., Веретенник О.М.
Національний університет «Одеська морська академія»

Підвищення ефективності імпульсної системи наддуву суднових дизелів.

У роботі показаний вплив ступеня радіальності на характеристики радіально-осьової турбіни працюючої в умовах нестаціонарного потоку імпульсної системи наддування комбінованого двигуна.

На основі аналізу ряду статей показано, що турбіна турбокомпресора впливає на показники економічності та потужності комбінованого двигуна.

Актуальним є розробка методу, що дозволяє проводити вибір оптимальної геометрії проточної частини, що забезпечує компромісний розв'язок для всіляких нестаціонарних впливів з боку двигуна. На основі якого може бути запропонований комплексний підхід до проектування проточної частини радіально-осьової турбіни, що працює в складі комбінованого двигуна.

На основі серії проведених розрахунків по моделі на середньому радіусі, характеристик турбін з різними геометричними кутами закручення лопаток, показане, що найбільш високий ККД мають турбіни зі ступенем реактивності, що перебуває в діапазоні $\rho=0.4\ \ 0.5$.

Іншим дуже важливим параметром, що характеризують проточну частину радіально-осьової турбіни, є ступінь радіальності μ. Неправильний вибір сту-

пеня радіальності веде до відриву потоку, падінню пропускної здатності турбіни й збільшенню витрати палива.

Проведені дослідження із впливу ступеня радіальності на ефективність радіально-осьової турбіни турбокомпресора ТКР-14С-27 працюючої в умовах нестаціонарного потоку двигуна.

Прийнятий діапазон зміни значень ступені радіальності: $\mu = 0.4,\ 0.52,\ 0.6$..

У результаті проведених розрахунків побудовані проточні частини робочих коліс із прийнятими значеннями ступеня радіальності. Побудовані зовнішні і внутрішні лінії меридіонального обводу. Результати побудови наведені на рис. 1.

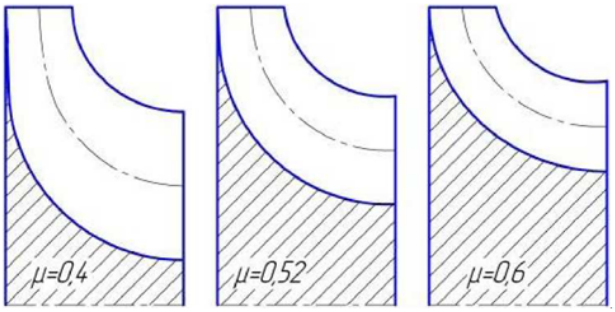


Рис. 1. Побудова обводів проточної частини робочого колеса турбіни

Розрахунки показали, що зі збільшенням ступеня радіальності μ, зменшуються: площа перетину на виході з робочого колеса F2 ступінь конфузорності каналу j .

Були зроблені дослідження характеристик турбіни ηТ, частки тепло перепаду на робочому колесі Q, зміни втрат у робочому колесі ξРК, зміни втрат з вихідною швидкістю ξВ залежно від зміни коефіцієнта напору НТ (0,5…3,5), і різним ступенем радіальності μ (0.4, 0.52, 0.6).

При збільшення значення коефіцієнта напору НТ збільшується оптимальне значення ступеня радіальності μ.

Зі зменшенням ступеня радіальності μ у всьому діапазоні зміни коефіцієнта напору НТ зростають тепло перепад на робочому колесі НТР/НТМАХ, втрати в робочому колесі ξРК, зменшуються втрати з вихідною швидкістю ξВ .

Імпульс тиску газів на вході в турбіну при зміні ступеня реактивності міняється незначно. Це можна пояснити тим, що зміна ступеня радіальності приводить до зміни площі перетину на виході з робочого колеса F, однак на формування імпульсу більшою мірою впливає площа перетину на виході із соплового апарата.

Порівняльна оцінка коефіцієнта використання розташовуваної енергії імпульсу ηTU залежно від відносного розташовуваного тепло перепаду НТР/НТМАХ (рис.2), ефективної потужності турбіни NT для різних значень ступеня радіальності показала, що для роботи турбіни на малих тепло перепадах, з погляду коефіцієнта використання імпульсу ηTU найбільш ефективні турбіни з меншим ступенем радіальності μ, за критерієм ефективної потужності турбіни NT, найкращої є турбіна з підвищеним ступенем радіальності μ.

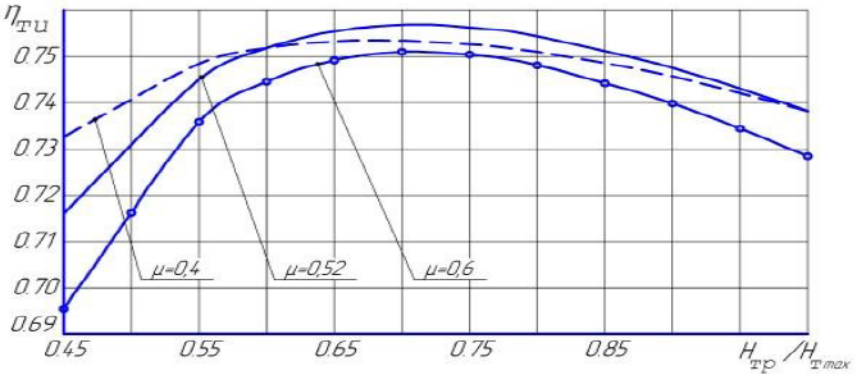


Рис. 2. Зміна ефективності використання імпульсу залежно від відносного розташовуваного тепло перепаду

У якості оптимальних можуть бути прийняті параметри турбіни зі ступенем радіальності μ = 0.52. Ця турбіна виходить на компромісний варіант між коефіцієнтом використання розташовуваної енергії імпульсу ηTU і ефективною потужністю турбіни NT.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проблемы проектирования проточной части центростремительной турбины, работающей в составе импульсной системы наддува КДВС/ В.А. Лашко, А.В. Пассар// Актуальные проблемы создания, проектирования и эксплуатации современных двигателей внутреннего сгорания: Сб.науч. тр- Хабаровск: Изд-во Хабар, гос. техн. ун-та.- 2004. - Вып. 3. - 119-125.
2. Межерецкий А.Д. Турбокомпрессоры судовых дизелей. – Л.: Судостроение, 1971. – 192 с.
3. Васильев-Южин Р.М. Исследование совместной работы дизеля и агрегатов воздухоснабжения при изменении внешних условий // Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков: Высшая школа, 1977. – Вып. 25. – С. 42-49.
4. Комплексный подход к проектированию проточной части турбины импульсной системы наддува поршневых двигателей/ В.А. Лашко, А.В. Пассар// - Математическое моделирование. Сборник научных трудов НИИКТ. - Хабаровск. - 2000. - С. 119-128.

УКД 621.431.74.12.03

Девчіоглу М.С., Веретенник О.М.
Національний університет «Одеська морська академія»

Поліпшення експлуатаційнихпараметрів судових дизелів

Постановка проблеми в загальному вигляді. Експлуатація середньооборотних двигунів внутрішнього згоряння на судах водного транспорту показує на протязі багатьох років, що дані двигуни знайшли найширше застосування і мають велике значення для використання в якості головних енергетичних установок.

Питання вдосконалення дизелів завжди актуальні. Для суднових двигунів велике значення мають показники потужності, питомої витрати палива, надій-

ності. Однак останнім часом пріоритет віддається питанням екології. Якщо недавно основними екологічними параметрами вважалися вміст оксидів вуглецю CO_x і не повністю згорілих вуглеводнів CH у відпрацьованих газах, то тепер вводяться більш жорсткі обмеження на допустиму концентрацію у відпрацьованих газах оксидів азоту NO_x, причому рішення цієї проблеми виявляється особливо важким.

Питання зниження токсичності і поліпшення паливної економічності дизелів є взаємопов'язаними і взаємовиключними. Складність вирішення цих питань полягає в різноманітті конструктивних, регулювальних і експлуатаційних факторів, які впливають на процеси, які відбуваються всередині циліндра двигуна, а зокрема, на процес згоряння палива.

Умови зниження викидів оксидів азоту в відпрацьованих газах та питомої витрати палива протилежні, оскільки для зниження змісту NO_x необхідно знижувати максимальну температуру циклу, а для зниження питомої витрати палива підвищувати. У той же час тепловий режим багато в чому визначає теплонапруженість деталей циліндро-поршневої групи і, відповідно, надійність роботи двигунів.

Постановка завдання. Метою дослідження є вдосконалення робочого процесу двигуна з наближенням процесу згоряння до ізобарного, щоб максимально зберегти досягнутий рівень паливної економічності дизеля, домогтися скорочення викиду оксидів азоту. При цьому виконується основна вимога: впливу на робочий процес здійснюються без зміни конструкції двигуна.

Виклад основного матеріалу дослідження

Одним із засобів зниження викиду оксидів азоту з відпрацьованими газами двигуна є зниження ступеня стиснення, з метою зниження максимальної температури циклу, але зі збільшенням питомої витрати палива.

Робота сучасних дизелів здійснюється по змішаному циклі згорання, при якому пік максимальних тисків газових зусиль знаходився в районі ВМТ. Термічний ККД такого циклу становить $\eta_t = 0{,}548$.

З метою зменшення ступеня стиснення можна піти на невелике погіршення, порівняно з циклом змішаного згоряння, термічного ККД, щоб зменшити максимальний тиск згоряння [1].

Але цикл, наближений до ізобарного, зберігає той же недолік - високі температури згоряння паливо-повітряної суміші, які є головним чинником утворення оксидів азоту в відпрацьованих газах. І для того, щоб забезпечити прийнятні характеристики двигуна за викидами NO_x, необхідно прагнути до зменшення максимальних температур циклу.

В даний час прийнято вважати, що вдосконалення робочого процесу необхідно вести по шляху його наближення до ізобарного процесу (циклу Дизеля), що дозволяє знизити теплові та динамічні навантаження на деталі двигуна, і при цьому кілька підняти ступінь стиснення і збільшити роботу циклу.

Зменшення викидів NO_X у відпрацьованих газах можна досягти впливом на робочий процес. До цих заходів відноситься:

• гальмування процесу згоряння палива для зменшення максимальних температур робочих газів;

• стабілізація подачі палива за рахунок усунення підвприсків палива в циліндр внаслідок високочастотних коливань в нагнітальному і відсічні паливних трубопроводах.

Гальмування процесу згоряння можна забезпечити зміною фаз газорозподілу для зменшення кута закриття клапанів, внаслідок чого зменшується продування циліндра і відбувається збільшення кількості відпрацьованих газів в циліндрі двигуна; тим самим зменшується наповнення циліндра свіжим повітрям, необхідним для згоряння палива.

Зменшення кута перекриття клапанів досягається регулюванням моментів відкриття впускного клапана і закриття випускного клапана. Впускні клапани відкриваються пізніше, а випускні закриваються раніше [2].

Регулюючи фази газорозподілу, можна змінювати тиск на початку стиснення, а, отже, і максимальний тиск в циліндрі [3].

Установкою відповідних фаз газорозподілу можна збільшити масу залишкових газів, чим досягається зниження максимальної температури циклу, так як зменшується маса свіжого заряду і, отже, підведена теплота. Внаслідок розведення суміші нейтральними продуктами згоряння також сповільнюються реакції окислення палива [4].

Зменшення перекриття призводить до збільшення коефіцієнта залишкових газів і зниження емісії NO_x [5].

Також гальмування процесу згоряння можна забезпечити зменшенням кута початку подачі палива, що дозволяє:

• зменшити швидкість наростання тиску, а отже, зменшити жорсткість роботи двигуна, яка виявляється в підвищенні рівня шуму і збільшення зношування підшипників;

• зменшити вміст оксидів азоту у відпрацьованих газах;

• зменшити температуру відпрацьованих газів, але при цьому отримати і деяке збільшення питомої витрати палива за рахунок порівняно високої температури циклу.

Висновки. Встановлено, що основним фактором, що впливає на підвищення вмісту оксидів азоту в відпрацьованих газах, є висока максимальна температура циклу.

Наближення робочого процесу дизеля до ізобарного процесу згоряння палива дозволяє підвищити ступінь стиснення двигуна з виходом максимальних навантажень нового циклу до рівня базового двигуна. При цьому зменшується питома витрата палива при незначному збільшенні емісії оксидів азоту в відпрацьованих газах двигуна.

Удосконалення робочого процесу дизеля здійснюється за рахунок «первинних заходів» по двигуну, які включають в себе: зменшення кута початку подачі палива, зміна фаз газорозподілу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Брозе Д.Д. Сгорание в поршневых двигателях. - М.: Машиностроение, 1969. - 248 с.
2. MAN B&W Diesel AG. Technical Documentation, Bl. Engine L 32/40, Operation Instructions. 1995.
3. Быков В.Ю. Возможности улучшения топливной экономичности высокофорсированного турбопоршневого дизеля в условиях ограничения максимального давления сгорания//Двигателестроение.-1986.-№10.-с. 45 - 46.
4. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых и комбинированных двигателей / Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. 4-е изд. М.: Машиностроение, 1983.-372 с.
5. Ципленкин, Г.Е., Иовлев В.И., Сухарев А.Н. Двухступенчатый наддув – атрибут двигателя будущего//Двигателестроение.-2011.-Кй.-с.25-32.

УДК 629.5.035-233.1 (001.5)

Кардашев Д. Л. , Аболєшкін С. Є.
Національний університет «Одеська морська академія»

Параметричний резонанс при крутильних коливаннях суднового валопроводу

При теоретичних та експериментальних дослідженнях вібраційно-коливальних процесів які протікають в коливальній системі суднового валопроводу її прийнято представляти як дискретно-масову в який елементи характеризуються незмінними параметрами (моментами інерції, жорсткістями ділянок валопроводу). Основним виправданням такого допущення є імовірнісна природа всіх чинників, що впливають на результати вимірювань. Це наводить до природного розкиду параметрів, який, як правило, накриває границі їх відхилення із-за впливу нелінійності елементів. Як показують дослідження [1] на дисперсію резонансної амплітуди значно впливають такі чинники як регулювання двигуна, якість збірки кривошипно-шатунового механізму (КШМ), зусилля затягування різьбових з'єднань і інше і інше. Але нелінійна періодична зміна моменту інерції КШМ (рис.1) при певних обставинах може приводити до субгармонічного або параметричного резонансу. Вперше на те, що момент інерції КШМ двічі змінюється за один оберт колінчатого вала звернув увагу Goldsbrough G.R. [2], Gregory R.W. [3] досліджував властивості спрощеної нелінійної коливальної системи, Draminsky P [4,5] дослідив можливість виникнення параметричних коливань і пов'язаному з ними резонансному явищу дав назву "вторинний резонанс".

Hestermann D. C. і Stone B. J. [6] запропонували аналітичний вираз для моменту інерції КШМ в залежності від кута повороту колінчатого вала (п.к.в)

$$I(\varphi) = I_{кв} + I_{ш}\lambda^2 \frac{\cos\varphi}{\cos\beta} + m_n r^2 (\cos\varphi \cdot tg\beta - \sin\varphi)^2 + m_{ш} r^2 \left[(1-h)^2 \cos^2\varphi + (h\cos\varphi \cdot tg\beta - \sin\varphi)^2 \right]$$

де Iкв – момент інерції колінчатого вала; Iш- момент інерції шатуна відносно

його центра мас; mп – маса поршня разом із крейцкопфом; mш – маса шатуна; λ – постійна КШМ; h – відстань від осі мотильової шийки до центра мас шатуна; β – кут відхилення шатуна від вертикальної осі.

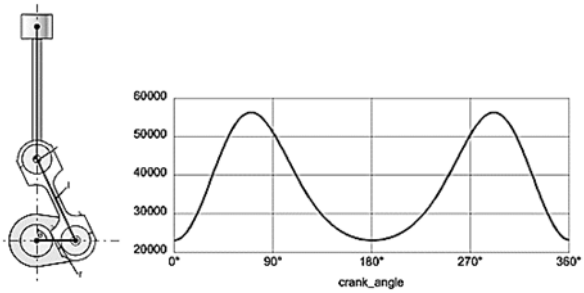


Рис. 1.Залежність моменту інерції кривошипно-шатунового механізму від кута повороту колінчатого вала [7].

Як можна бачити із рис. 1 максимальне та мінімальне значення моменту інерції КШМ двигуна 8RTA/RT-flex96 відрізняється більш ніж в два рази [7].

W. Schiffer [7] показав виникнення ефекту вторинного резонансу на прикладі пропульсивної установки з двотактним малообертовим двигуном Wärtsilä 8RTA/RT-flex96C і шестилопатевим гвинтом фіксованого кроку без використання демпфера крутильних коливань порівнюючи дані вимірювання і методів розрахунку кута скручування в залежності від частоти обертання колінчатого вала з постіними моментами інерції (рис. 2 a)) та зі змінними моментами інерції (рис. 2. b)).

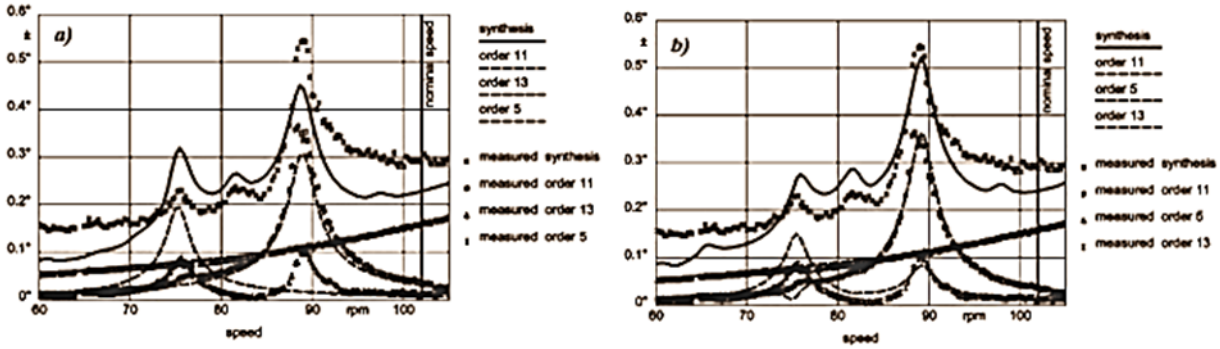


Рис. 2. Порівняння даних вимірювань і теоретичних розрахунків розвитку крутильних коливань [7]: a) з постійними моментами інерції; b) зі змінними моментами інерції

Можна бачити, що традиційна схема розрахунку амплітудо-частотної характеристики поблизу резонансу при 90 об/хв дає занижені значення амплітуди відносно виміряних (рис. 2 a)). Врахування змінної частини моментів інерції значно покращує узгодженість даних вимірювання і розрахунку.

В роботі [8] розглянута модель одноциліндрового двигуна із маховиком. Змінний момент інерції був розкладений в ряд Фур'є. В результаті чисельного розв'язання отриманого диференціального рівняння було встановлено, що параметричне збудження приводить до циклічної зміни як амплітуди та і частоти коливальної системи впродовж одного оберту колінчатого вала.

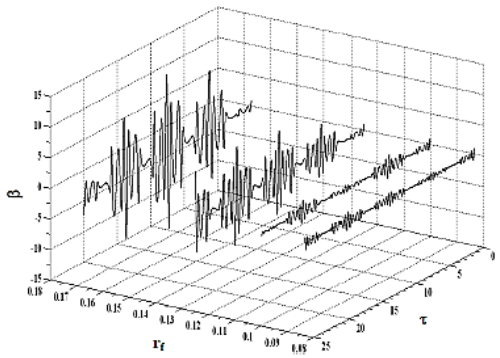


Рис. 3. Кут скручування β в залежності від відношення частоти обертання колінчатого вала до власної частоти коливальної системи [8]

На рис. 3 автори [8] показали збільшення амплітуди вимушених коливань при збільшенні відношення частоти обертання колінчатого вала до власної частоти коливальної системи. Це означає, що при певних обставинах підсилюючий ефект вторинного резонансу може вивести амплітуду коливань далеко за рамки обумовленої статистичним розкидом параметрів. К таким обставинам можна віднести недостатнє демпфірування в коливальній системі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ефремов Л. В. Теория и практика исследования крутильных колебаний силовых установок с применением компьютерных технологий /С-Пб: Наука, 2007.-275 с.
2. Goldsbrough, G.R. The Properties of Torsional Vibration in Reciprocating Engine Shafts, Proceedings of the Royal Society, vol. 113, 1926, pp. 259-264.
3. Gregory, R.W. Non-linear Oscillations of a System having Variable Inertia, Ph.D. Thesis, University of Durham, 1954.
4. Draminsky, P. Secondary Resonance and Subharmonics in Torsional Vibrations, Acta Polytechnica, Scandinavica, 1961, Me 10, Copenhagen.
5. Draminsky, P. Extended Treatment of Secondary Resonance, Shipbuilding and Marine Engineering International, 1965,vol. 88, pp. 180-186.
6. Hestermann, D. C. and Stone, B. J. Secondary inertia effects in the torsional vibration of reciprocating engines. Proc. Inst. Mech. Eng, 1994. pp.11-15.
7. W. Schiffer Advanced methods for static and dynamic shafting calculations/Brodogradnja,2007,v.58, №2, P. 158-164
8. Hameed D. Lafta, Akram H. Shather Nonlinear torsional vibration analysis of variable inertia reciprocating engines/ Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology, 2016, Vol. 3, №1,p.3836-3843/

УДК 629.5.035-233.1 (001.5)

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

Поліпшення екологічних характеристик дизеля з використанням альтернативних видів палива

Світова спільнота останнім часом приймає ряд корінних заходів, спрямованих на зниження забруднень навколишнього середовища, підвищення економії палива, поліпшення характеристик енергетичних установок в секторі водного транспорту. Перші кроки в напрямку перекладу морського транспорту на більш екологічні види палива світове співтовариство зробило в 2010 р, коли додатком VI МАРПОЛ 73/78 ІМО були встановлені особливі райони контролю викидів сірки - зони SECA (Sulfur Emission Control Areas). У цих зонах, куди на сьогоднішній день входять акваторії Північного і Балтійського морів, протоку Ла-Манш, Карибське море і 200-мильні зони США і Канади, введена заборона на використання високосірчаного палива: з липня 2010 р. рівень вмісту сірки в паливі був обмежений 1%, а з 1 січня 2020 року - 0,5%. Однак ще до настання цього терміну Міжнародна конвенція по запобіганню забруднення з суден посилила вимоги щодо вмісту сірки в судновому паливі до 0,1% по масі в зоні спеціального екологічного контролю SECA, ввівши в дію обмеження з 1 січня 2015 року. Розрізняють важкі і легкі суднові палива. Важкі:Residual Fuel; Intermediate Fuel Oil (IFO); флотський мазут марок Ф-5 и Ф-12. Легкі палива (дистиляти): Distillate Fuel, MDO (DMB) - дизельне паливо з вмістом сірки до 0,5–2,0 % (Marine Diesel Oil); суднове маловязкое паливо. До легких також відносять газомоторне паливо: MGO (DMA) – газойль, дизпаливо з вмістом сірки до 0,1%, в діапазоні 0,1-0,5% (Marine Gas Oil); зріджені вуглеводневі гази. У виробництві палив категорії ULSFO, Ultra Low Sulfur Fuel Oil – RMD 80 (RMB 30) використовуються як легкі, так і важкі компоненти. Максимальний вміст сірки - 0,1% [1]. Оскільки торгові судна використовують одну з найбрудніших нафтових фракцій - флотський мазут в обсязі до 4 млн барелів на добу, то такі заходи зажадали від судновласників і операторів флоту, маршрут яких пролягає через зони SECA, перегляду складу прийнятого бункера і необхідність переведення суднових двигунів з мазуту з високим і середнім вмістом сірки на ультра низькосірчисті палива (ULSFO). В якості відповідних очікуваним обмеженням видів палива судновласники, як правило, розглядають низькосірчисті дистиляти - газойль (MGO) і суднові палива з ультранизьким вмістом сірки, у виробництві яких використовуються легкі нафтові фракції, зріджений природний газ, метиловий спирт (метанол) та диметиловий ефір. Чи не нафтові палива - рослинні масла, спирти, ефіри, газоподібні палива (стиснений природний газ, диметиловий ефір, водень і ін.) Мають фізико-хімічні властивості, відмінні від властивостей нафтового дизельного палива або мазуту, які є основними для суднових дизельних двигунів. При використанні цих палив необхідно враховувати вимоги, що пред'являються до транспортування, зберігання, заправці, використання в дизельних двигунах. Власне, тільки економічні (в першу чергу) і екологічні (у другу) причини зумовлюють

підвищений інтерес до проблеми т.зв. альтернативних палив для двигунів внутрішнього згоряння, в тому числі і суднових. Для виконання вимог ІМО судновласникам доводиться відмовлятися від використання традиційного мазуту з вмістом сірки 1,0-3,5% і дизельного палива з вмістом сірки 0,2-0,5%. Таким чином, введення світовим співтовариством обмежень щодо вмісту сірки в судновому паливі та інші екологічні ініціативи ведуть до суттєвих змін на ринку судноплавства, в логістиці, портової інфраструктури, виробництві нафтопродуктів і палив. Фактично вимоги МАРПОЛ ввели заборону на використання мазуту і традиційного дизельного палива, що змушує судновласників відмовитися від їх використання [2]. Альтернативою використанню низькосірчистих палив є застосування установок доочищення газів, що відходять - скрубберів (EGCS). Їх застосування дозволяє продовжувати використовувати високосірчисте паливо при плаванні в зоні SECA, виконуючи вимоги ІМО. Так, наприклад, відома транспортна компанія Maersk, переглянула свою паливну стратегію у зв'язку з вимогами ІМО до якості суднового палива і вирішила встановити системи очищення газів, що відходять на своїх судах (правда, на обмеженому їх кількості). Розрахунки, проведені компанією, показали, що після вступу в силу вимог ІМО витрати на бункер виростуть на $ 2 млрд. Пристрій і експлуатаційні особливості скрубберов відомі, їх широко застосовують в хімічній промисловості для очищення твердих або газоподібних середовищ, вилучення цільових компонентів. У суднових скрубберов відкритого (наскрізного), замкнутого (закритого) типів (циклів), а також гібридних є свої особливості, які необхідно враховувати. Установка скрубберов вимагає розрахунків остійності судна, конструкційної міцності корпусу, загальних параметрів безпеки, а також обліку зворотного тиску вихлопних газів і додаткової вентиляції машинного відділення. Крім того, необхідно враховувати «вживлення» обладнання EGCS в уже існуюче обладнання, маршрутизацію трубопроводів. Потрібно додаткове обладнання для застосування реагентів, відкачування і очищення утворюються в результаті експлуатації скруббера рідких відходів підвищеної токсичності, їх зберігання для подальшої здачі в порту призначення. Для поглинання сполук сірки з газів, що відходять суднового двигуна в якості абсорбенту використовують морську або прісну воду, в тому числі з присадками. На виході утворюються розчини сульфітів і сульфатів натрію, цинку, які в портах відмовляються приймати на зберігання: технології та юридичні механізми утилізації відходів скрубберов не опрацьовані, що створює ще одну екологічну проблему. На судах середньої водотоннажності скрубери можуть займати чверть корисної площі, що знижує вантажопідйомність судна і, відповідно, зменшує вигоду судновласників. Вартість установки скруббера на судно складає від $ 2 до $ 5 млн. На їх виготовлення, з огляду на корозійну активність сполук утворюються в результаті очистки відпрацьованих газів, йде високоякісна нержавіюча сталь. Переобладнання морських суден веде до простою певної тривалості. При цьому EGCS вимагає регулярного обслуговування, що включає заміну витратних матеріалів, що збільшує експлуатаційні витрати [1]. На думку ряду фахівців, які представляють Morgan Stanley, Thomson Reuters, під впливом жорстких міжнародних об-

межень паливний баланс досить швидко від традиційного для галузі високосірчаного мазуту зміститься, з огляду на їх екологічності та економічності, в сторону дистилятів і СПГ. Останній повністю відповідає вимогам МАРПОЛ за змістом сірки. З цієї причини в більшості країн Європи, а також в США і Канаді пріоритетним судновим паливом майбутнього вибрали СПГ [3]. При його використанні в якості палива викиди шкідливих речовин знижуються до 90%. За ціною зріджений природний газ можна порівняти з метанолом. Ряд фахівців заявляють про можливе зростання викидів парникових газів в атмосферу при використанні СПГ в якості палива. Для зменшення цього ефекту пропонується знижувати швидкість руху судна. Дана пропозиція входить в протиріччя з вимогами безпеки, керованості судном, зажадає перебудови логістичної системи доставки вантажів, не виключається і збільшення кількості судів - все це, в кінцевому підсумку, навряд чи призведе до поліпшення ситуації. Крім того, ніхто не відміняв застосування повітря в якості окислювача в процесі спалювання СПГ. А повітря, як відомо, містить азот, і проблема окислів азоту в відпрацьованих газах залишиться невирішеною, оскільки нові типи двигунів або конструктивні рішення що покращують процес згоряння палива з'являються не так часто, як цього хотілося б апологетам «зеленої економіки». І все-таки, до основних переваг використання СПГ на морському транспорті відносяться: низька вартість в порівнянні з традиційними видами палива; можливість реалізації великих обсягів; знижений знос і збільшення моторесурсу поршневих двигунів, зниження нагаропоявлення в них. У перспективі природний газ може стати однією з головних паливних альтернатив для світового судноплавства. За деякими оцінками, використання СПГ дозволить заощадити близько $ 1,3 млн на судно в рік в порівнянні з використанням низькосірчистого палива.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Веденеева А. Экологическое плавание // Нефть и газ: прил. к газете «Коммерсант». 2016. № 238. С. 13–14.

2. Сечин И.И. Золотая эра энергетики: протекционизм, рынок или ручное управление? [Электронный ресурс]: доклад 6 июня 2019 г. на Энергетической панели ПМЭФ // Роснефть: [офиц. сайт]. URL: https://www.rosneft.ru/press/today/item/195421/ (дата обращения: 30.09.2019).

3. Казиева А., Скорына А. Топливные перспективы // Сибирская нефть. 2016. № 10/137. С. 50–55.

УДК 532.133

Кіріс О. В., Гарагуля Б. А.
Національний університет «Одеська морська академія»

Аеродинамічне та вібраційне вдосконалення робочих лопаток парових турбін

У деяких ступінях (переважно останніх) потужних парових турбін (як суднових, так і стаціонарних) через значні згинаючі зусилля виникає необхідність застосування профілів робочих лопаток з великими моментами опору. Для вирішення цього завдання був розроблений двоопуклий профіль (рис. 1 профілі *I–III*) [1,2]. Решітка таких профілів дозволяє забезпечити їх оптимальне аеродинамічне обтікання при забезпеченні необхідного моменту опору профілю.

Важливою перевагою двоопуклого профілю є переміщення максимуму згинаючих напружень зі вхідної крайки, де з багатьох причин приходиться очікувати концентрацію напружень, на вершину виступу на стороні тиску (т. А, рис. 1).

Оскільки форма сторони тиску двоопуклого (*I*) профілю (рис. 1) і міжпрофільного каналу істотно відрізняється від звичайної (ввігнутої, *IV*), необхідно досліджувати характер обтікання профілів.

Для проведення дослідів була обрана серія з чотирьох решіток профілів з однаковим відносним кроком $\bar{t} = t/b = 0,70$ (t – крок решітки, b – хорда профілю), ефективним кутом виходу $\beta_{2Э} = 20°$, однаковим скелетним кутом входу $\beta = 140°$, однаковою формою сторони розрідження («спинки» профілю) і незмінною вихідною ділянкою на стороні тиску (рис. 2).

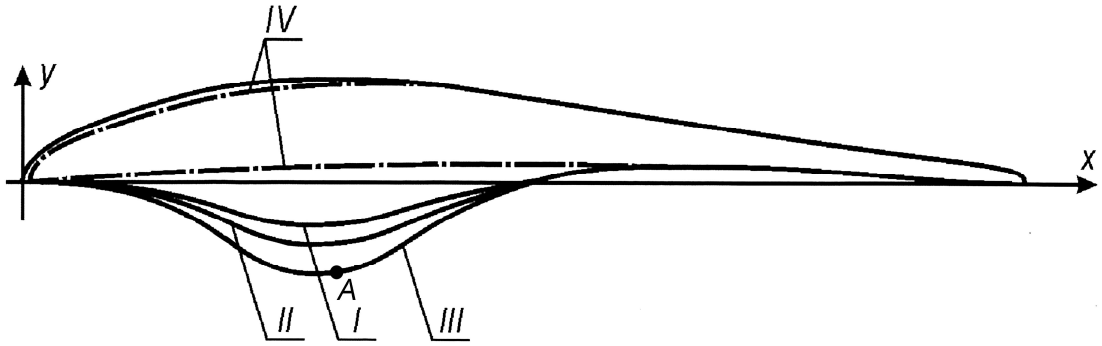
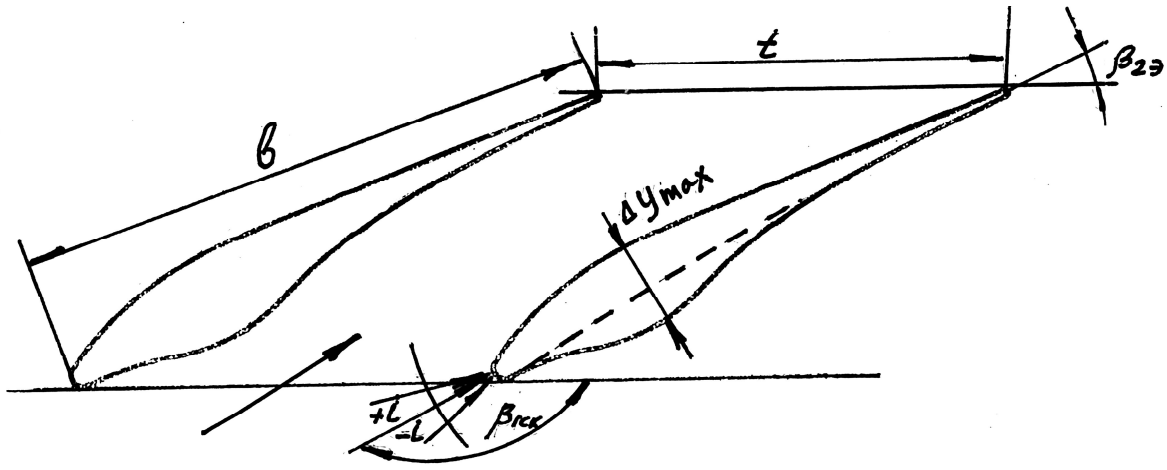


Рис. 1. Досліджені види профілів: *I*, *II*, *III* – двоопуклі профілі:
I – 0,14; *II* – 0,16; *III* – 0,19; *IV* – звичайний профіль



УДК 629.5.0231 620.197.6(045)

Афтанюк В.В., Гаврілкін О.Є., Афтанюк А.В., Стороженко Д.В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Компьютерне моделювання біологічного забруднення корпуса судна

Відомо, що біологічне забруднення (biofouling, біофулінг) може негативно впливати на гідродинаміку корпусу суден, збільшуючи необхідну потужність головних двигунів і витрату палива, погіршує маневреність судна.

Сучасна розробка покриття проти біологічного забруднення - це міждисциплінарна робота із залученням хіміків, морських біологів, гідродинаміків тощо з різними пріоритетами, хоча загальною метою є ефективний екологічний контроль за антропогенними забрудненнями.

Процес біологічного забруднення можна згрупувати по ключовим стадіям росту, які включають початкове накопичення адсорбованої органіки, поселення та ріст першопохідних бактерій, що створюють матрицю біоплівки та наступну послідовність мікро- та макро- структур (рис. 1). Покриття зрілих забруднень, яке включало б смертність та еміграцію видів, не показано [1].

На рис. 1 наведено часове накопичення біологічного забруднення, що містить чотири основні стадії: перша – створення кондицій (умов для біологічного обростання); друга – прикріплення; третя – створення колонії; четверта – зростання.

Послідовність біологічного обростання не передбачувана через експлуатацію субстратних ніш вищими організмами. Формування біоплівки часто є попередником подальших забруднень з боку макроорганізмів. Послідовність біологічного обростання була експериментально випробувана шляхом видалення початкових шарів водоростей, що призводить до обмеженого подальшого забруднення [2].

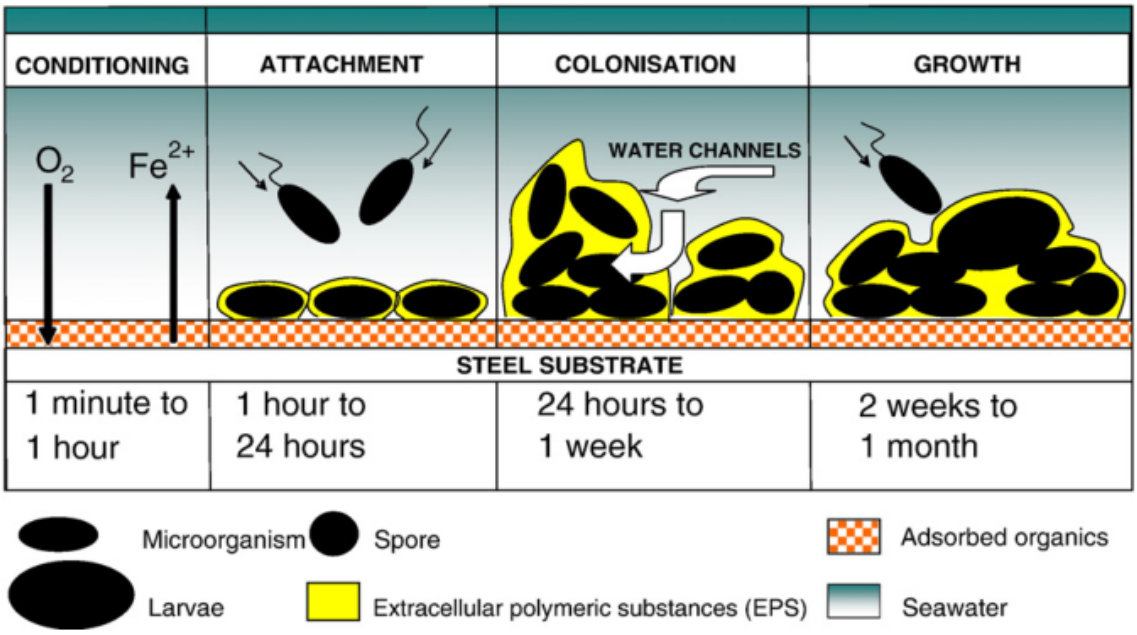


Рис. 1 – Схема критичних стадій біологічного обростання [1]

Біоплівки забезпечують середовище існування для понад 400 видів морських форм життя [3].

Рис. 2 – Макроводорості, личинки безхребетних морських тварин, інших безхребетних [3].

Для комп'ютерного моделювання гідродинаміки корпусу судна з урахуванням біологічного забруднення раціонально на першому етапі розробити

моделі ділянок корпусу з різним рівнем забруднення, для чого необхідно визначити ступінь обростання.

Інформацію щодо розмірів та ступеню обростання корпусу судна можна отримати на підставі експериментальних досліджень [3, 4], та біологічних досліджень [5].

За даними [4] розміри біологічних накопичень (на другій стадії) можуть мати середню шорсткість R_a = 5–10 мкм.

В дослідженнях [3] наведені дані по процесу накопичення біологічного забруднення. Дослідження проводилися при 21 °С, провітрювали, по черзі 14/10 годин між світлим/темним, 35 днів зростання/7 днів обертання, товщина плівки становить 0,1-0,2 мм,

На четвертій стадії розвитку біологічного обростання на корпусі судна утворюються розвинуті комплекси молюсків та водоростей. Визначення розмірів молюсків в залежності від термінів розвитку наведені в [5].

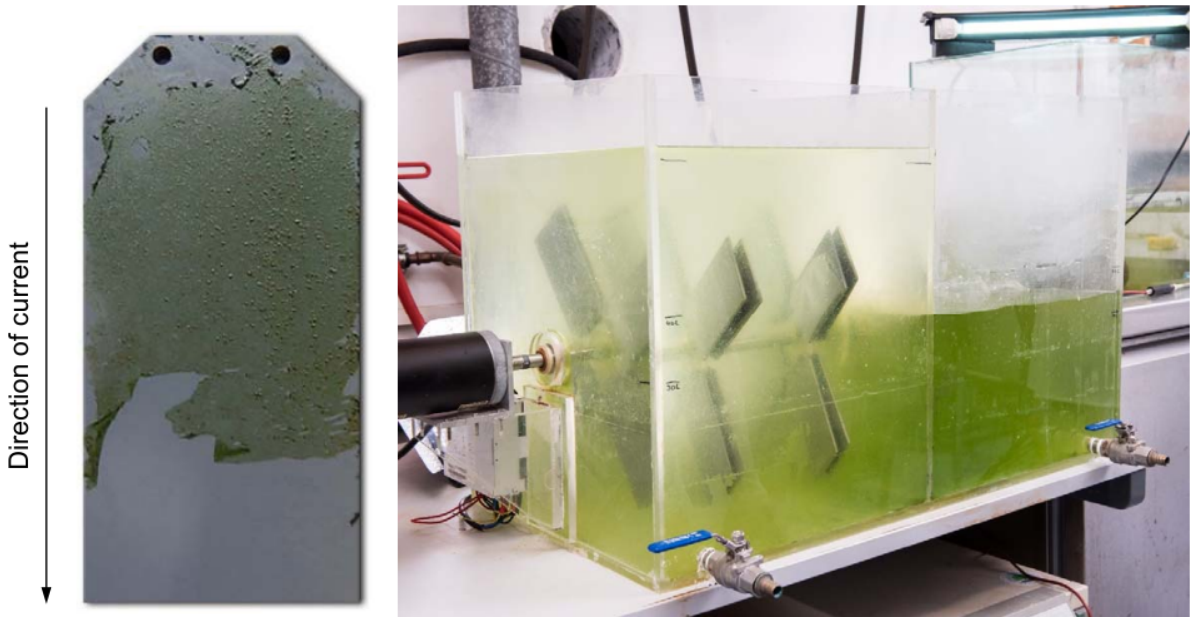


Рис. 2 – Експериментальні дослідження біологічного забруднення [4]

Існують три стандартних вимірювання молюсків: висота - відстань по перпендикуляру до поздовжньої осі раковини від верхівки до найбільш виступаючої точки черевного краю, довжина - відстань по поздовжній осі раковини між найбільш віддаленими один від одного крапками переднього і заднього країв і опуклість (або товщина) - відстань між найбільш віддаленими бічними точками (рис. 3) [5].

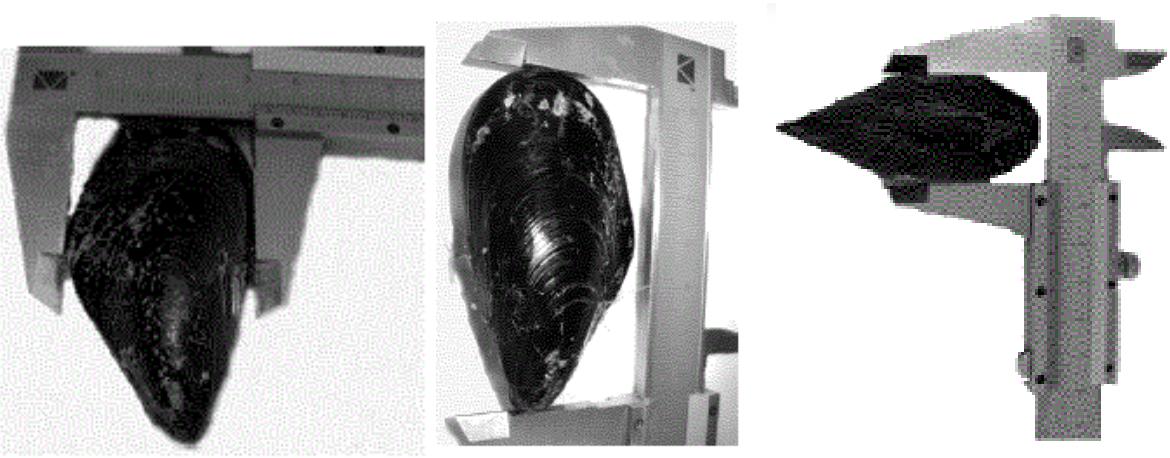


Рис. 3 – Виміри розмірів молюсків за допомогою штангенциркуля [5]

При середньому розмірі мідій вік 0,5 року - 24,4 мм, молюски ростуть в середньому 4 мм/міс . Після першого року темпи зростання сповільнюються і склаають 2 мм/міс. Від 1,5 до 2 років він був дещо нижчим - 1,7 мм/міс. Лінійний ріст у 2,5 - 3,5 річних мідій склав 0,58 мм/місяць [5].

На підставі визначених розмірів молюсків можна розробити модель молюска (рис. 4) и комплексу молюсків (рис. 5).

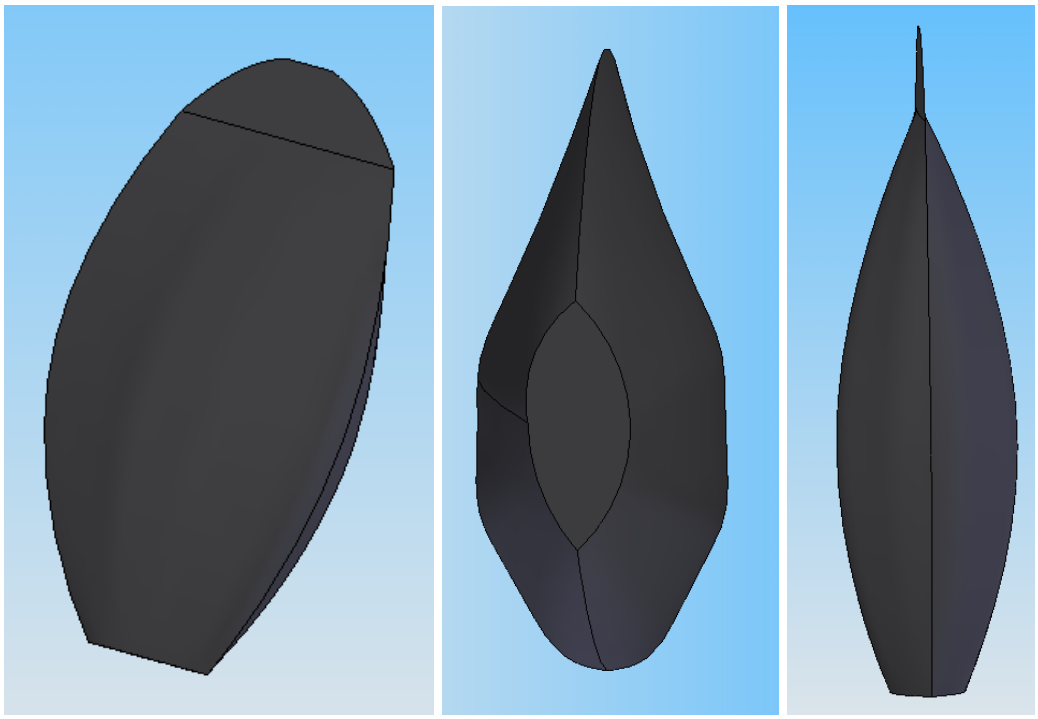


Рис. 4 – Твердотільна модель молюсків

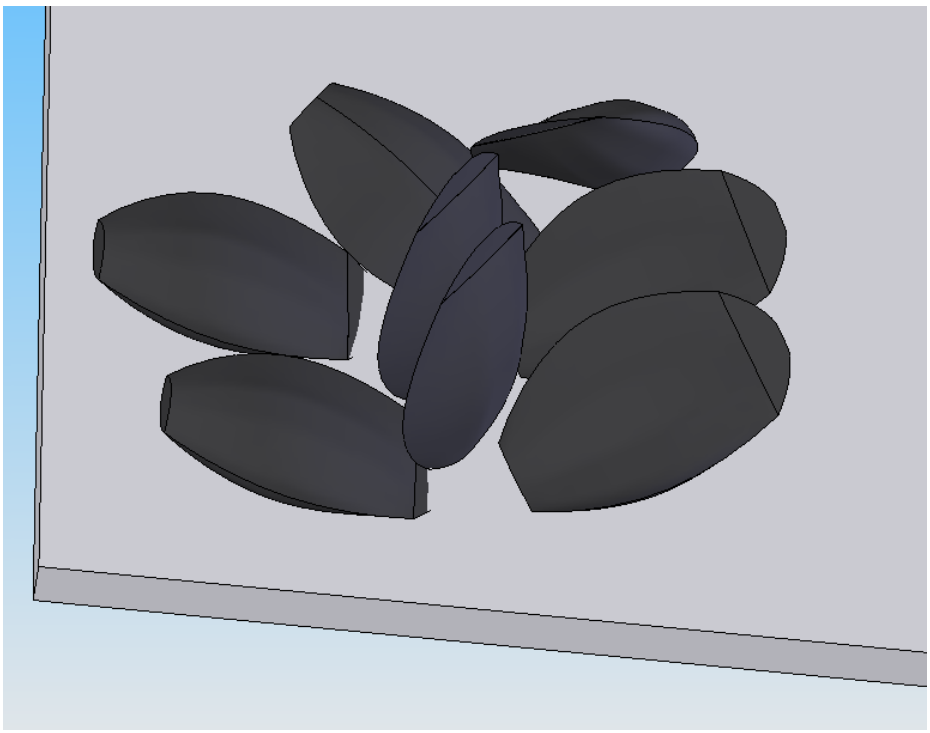


Рис. 5 – Фрагмент комплексу молюсків на корпусі судна

Для проведення гідродинамічних комп'ютерних дослідів впливу біологічного обростання на опір корпусу судна необхідно розробити більш повні моделі комплексів молюсків на підставі фактичного обстеження суден.

Модельовані поверхні можуть динамічно піддаватися розвитку біоплівки, що утворюються в морських або лабораторних умовах.

Також необхідно розробити модель гідродинамічного стенду, що включає занурені частину корпусу та проточну частину каналу.

Виконання дослідів дозволить визначати опор корпусу судна в залежності від ступеню біологічного забруднення на базі детального аналізу шорсткості.

ЛІТЕРАТУРА

1. L.D. Chambers, F.C. Walsh, R.J.K. Wood, K.R. Stokes, World Maritime Technology Conference, ICMES Proceedings, The Institute of Marine Engineering, Science and Technology, March 2006.
2. M.J. Dring, The Biology of Marine Plants, Edward Arnold (Publishers) Limited, London, 1982.
3. Source: Matériaux & Techniques 93, 27-41 (2005) Hors Série: Biofilms et altérations des matériaux : de l'analyse du phénomène aux stratégies de prévention, D. Haras.
4. Stefan Silber. How we're giving ships a cloak of invisibility. October 5, 2017, Essen.
5. Холодов В.И., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В. Выращивание мидий и устриц в Черном море / под. ред. В.Н. Еремеева; Национальная академия наук Украины, Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского. – Севастополь. -2010. -424 с.

6. L.D. Chambers, K.R. Stokes, F.C. Walsh, R.J.K. Wood. Modern approaches to marine antifouling coatings / Surface & Coatings Technology 201 (2006) 3642–3652.
7. The Chemical Hazards Response Information System (CHRIS) - United States Cost Guard, Washington, DC, 1999. – 181 p.

УДК 621.458

Тимків О.В., Денісов В.Г., Гнатюк Б.І
Національний університет «Одеська морська академія»

Сучасні засоби діагностування суднових систем

Огляд існуючої проблеми

Головне призначення сучасного діагностування полягає в безперервному автоматичному контролі технічного стану об'єкта, своєчасному виявленні відхилень контрольованих параметрів від нормативних значень, ідентифікації та локалізації дефектів, виробленні стратегії подальших дій і прогнозування ресурсу. Системи автоматичного контролю і діагностування створюються на базі новітніх інформаційно-обчислювальних засобів, програмна частина яких спирається на фундаментальні і прикладні математичні методи.

Сьогодні існує велика кількість спеціалізованої апаратури, яка використовуються для отримання належної інформація для діагностування різноманітних пристроїв. Поруч з спеціальними пристроями також розвиваються альтернативні. Різні програми на звичайних смартфонах сьогодні можуть виконувати широкий спектр задач: починаючи з виміру габаритів об’єктів, закінчуючи серце биттям, кров’яним тиском і т.д..

Крім основних завдань, у смартфонів є багато додаткових можливостей. Наочним прикладом є використання телефону в якості термометра. Вбудовані можливості операційної системи Android не містять такої можливості, але незалежні розробники створили багато програм, що дозволяють приблизно визначати температуру в приміщенні. Більшість таких програм є абсолютно безкоштовними.

Важливо відзначити, що точність таких вимірювань невисока. Це обумовлено використанням температурного датчика, призначеного для реєстрації перегріву вбудованих компонентів, а не навколишнього середовища.

Оскільки для вимірювання температури використовується інтегрований датчик, розглянуті додатки мають не найвищою точністю. Для правдоподібних свідчень рекомендується дотримуватися кількох правил.

1. Необхідно запускати попередню калібрування, якщо така опція є в додатку.

2. Перед запуском програми телефон повинен діяти (хоча б 10 хвилин), щоб внутрішні компоненти охололи. Якщо мобільний пристрій стояло на зарядці або тривалий час перебувало в руках власника, вимірювання будуть помилковими.

Вбудований датчик температури в телефоні не здатний видавати точні результати вимірювань - показники будуть варіюватися в межах 3-7 градусів за Цельсієм. Якщо дотримуватися інструкції, можна досягти точності до 3 градусів. Для цього необхідно виконати калібрування і не користуватися смартфоном протягом деякого часу до початку вимірювань, щоб компоненти гаджета були нагріті.

Більшість термометрів вимірюють температуру як в Цельсіях, так в Фаренгейтах.

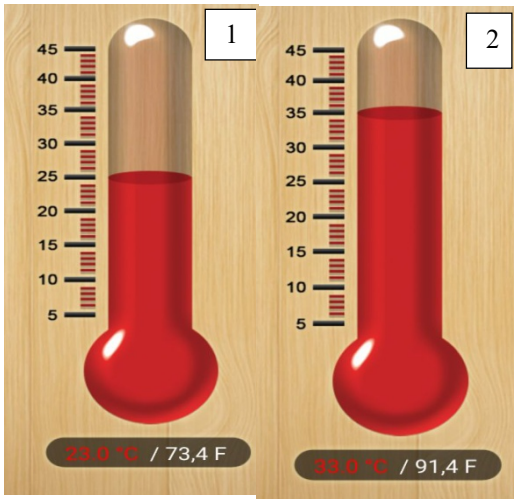


Рис. 1. Порівняння температури через деякий час

Акселерометр - це прилад, за допомогою якого вимірюється прискорення. Спочатку будова акселерометра була досить складна, а сам датчик - великим. Звичайно, така конструкція не може бути застосована для мобільних пристроїв. Тому в них сьогодні застосовується мініатюрний чіп з інертною масою всередині. Три таких прилади, об'єднані в одну систему і зорієнтовані по осях дозволяють отримувати інформацію про стан предмета в тривимірному просторі.

Коли відбувається струс, нахил або поворот об'єкту, в який вбудований акселерометр, інертна маса реагує на силу інерції. Зі збільшенням інтенсивності і сили нахилу, повороту або струсу збільшується радіус деформації пружини. Потім грузик приймає свою колишню позицію, завдяки пружині. Спеціальний датчик фіксує рівень зміщення інертної маси від її положення в стані «спокою». Потім ці дані перетворюються в електричний сигнал, і передаються на обробку електронікою, і програмним забезпеченням. Завдяки отриманим даними програма може «вирахувати» зміни в фізичних змінах розташування об'єкта.

Ще є таке поняття, як вісь чутливості приладу. Якщо вісь тільки одна, датчик зможе передати дані про зміну положення об'єкта в просторі тільки в межах чутливості осі. Щоб збільшити чутливість датчика, і отримати точні дані про силу та напрямок нахилу об'єкта, необхідно дві, а ще краще три осі. Об'єднавши в один прилад відразу три осі, можна обчислити положення об'єкта в тривимірному просторі.

Акселерометр має дві основні частини корпус, прикріплений до об'єкта, чиє прискорення ми хочемо виміряти і якась маса, яка будучи прив'язана до

корпусу все ще може рухатися. Як тут пружина з важким металевим кулькою. Якщо ви рухаєте корпус вгору, то кулька відстає через розтягнення пружини.

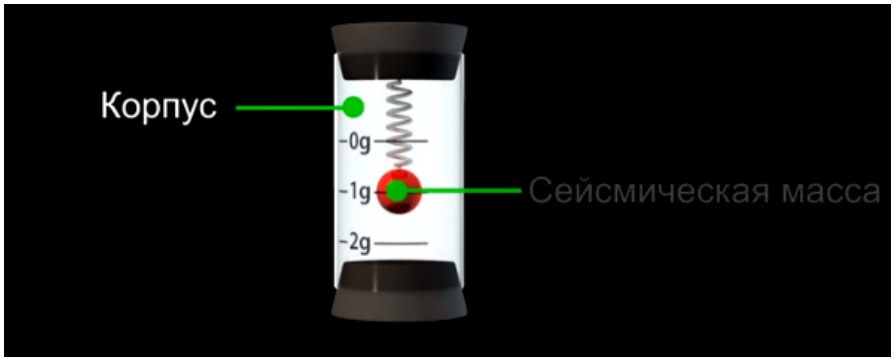


Рис.2. Простий пристрій для визначення швидкості переміщення в просторі

Якщо ми виміряємо наскільки це пружина розтягнулася, ми зможемо порахувати силу гравітації. легко помітити, що три таких штуки зможуть визначити орієнтацію тривимірного об'єкту. Поки вісь z перпендикулярна до осі гравітаційної сили, тільки пружина з кулькою на осі x буде розтягуватися.

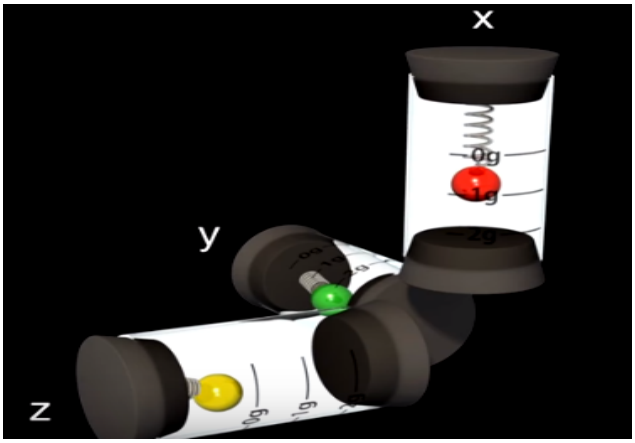


Рис.3.Акселерометр з трьома осями

Тепер повернемо так, щоб вісь z дивилася вгору. Тоді тільки одна пружина в акселерометрі, яка знаходиться вздовж цієї осі, буде розтягуватися. У телефоні чіп влаштований складніше, ніж модель з пружиною кулькою. Але він використовує той же принцип всередині чіпа, що і кульки. Інженери створили крихітні акселерометри з кремнію. Вони звичайно ж мають корпус, який закріплений до телефону і гребенчату частину, яка здатна рухатися вперед і назад. Ця сейсмічна маса еквівалентна кулі: в цьому випадку замість пружини використовується гнучкість тонкого кремнію, прикріпленого корпусу.

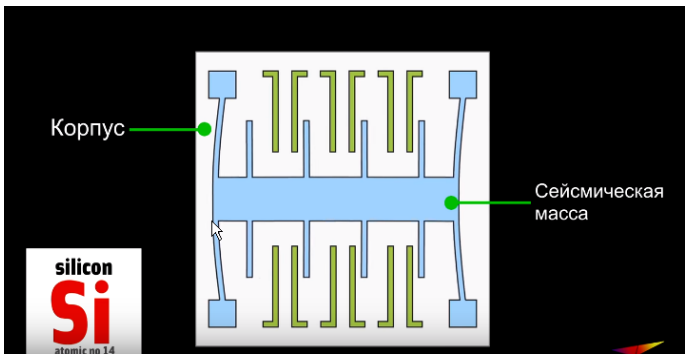


Рис.4. Чип акселерометра вбудованого у смартфоні

Висновки

1. Проаналізувавши значні обсяги інформації, ми провели ретельний аналіз. Виходячи з результатів проведеної роботи, можна прийти до висновку, що існує безліч аналогових програм для телефонів, які можу виконувати функції спеціалізованих пристроїв. Однак, точність вимірювань залишається сумнівною.

2. З розглянутих пристроїв тільки додаток Moasure може показувати достовірні відомості. Але при цьому, сам додаток необхідно використовувати в парі з спеціальним пристроєм. Програми, які встановлюються на смартфон безпосередньо залежать від якості виконання вимірників на самому телефоні. Залежно від складності вимірювань, дані будуть більш-менш коректні.

3. Люксметри мають високу погрішність, а, отже, використання їх на смартфоні в якості засобів діагностики - неприпустимим.

4. Використання акселерометрів є допустимим. При його використанні можна говорити про правильність роботи того чи іншого механізму. Але слід мати на увазі, що акселерометри, або інші програми, що вимірюють переміщення пристрою в просторі залежать від якості чіпа, який буде обчислювати програма тому звертати увагу на його якість виконання. Смартфон також можна використовувати для вимірювання температури, але звертати увагу, що при найбільш точної калібрування, похибка вимірювання завжди буде коливатися від 2-4 °С.

Підсумувавши, можна сказати, що зараз ведуться різні дослідження в різних областях, де засобом діагностування може виступати смартфон. Для поліпшення показань необхідно вдосконалити датчики, які вбудовані в пристрій, а також розробка більш складних технологічно програм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методы и средства технического диагностирования судовых энергетических установок : монография / В. Г. Денисов; Одес. нац. мор. акад. - О. : Фенікс, 2008. - 304 с. - Библиогр.: с. 279-297 - рус.

2. Мониторинг процесса изнашивания судовой энергетической установки / А. В. Тымкив, В. Г. Денисов // Судовые энергетические установки. – 2014. – Вып.33. -С.88-95. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/seu_2014_33_12

3. Методы и средства диагностирования судовой энергетической установки / А. В. Тымкив, В. Г. Денисов // Судовые энергетические установки. - 2014. - Вып.32.- С. 113-123. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/seu_2014_32_18

УДК 621.43 – 032.1 + 338.47 (042)

Кардаш В.П., Шліхта О.М.
Національний університет «Одеська Морська Академія»

Підвищення економічних та екологічних характеристик суднового двигуна шляхом зміни складу надувного повітря

Проблеми захисту навколишнього середовища від забруднень актуальні для всієї енергетики, в тому числі і суднової. Викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами суднових дизелів щорічно складають мільйони тонн. Основним міжнародним документом, що регламентує екологічні параметри роботи суднових енергетичних установок, є конвенція MARPOL.

У конвенції МАРПОЛ 73/78 передбачено заходи, щодо скорочення і запобігання забруднення морського середовища, як нафтою і нафтопродуктами, так і іншими речовинами, шкідливими для мешканців моря, що перевозяться на суднах або утворюються в процесі їх експлуатації.

Правові норми, тобто інструкції, щодо запобігання забруднення атмосфери з суден містяться в Додатку VI до Конвенції МАРПОЛ 73/78.

В Додатку встановлені межі емісії оксидів сірки та азоту від енергетичної установки судна і забороняють неконтрольовану емісію речовин, що руйнують озоновий шар атмосфери [1-3].

Провідні лідери дизелебудування MAN B&W. Wartsila, Hyundai, Mitsubishi, CAT та інші оснащують свої двигуни дорогими системами організації та контролю запалення палива, новітнім високотехнологічним обладнанням, що знижує кількість шкідливих викидів.

В останні роки це призвело до збільшення застосування дизелів з безпосереднім уприскуванням палива і електронним управлінням, що дозволяє отримати точне і виключно гнучке визначення параметрів упорскування палива, значно поліпшити експлуатаційні якості, підвищити надійність, знайти резерви щодо підвищення технічного рівня: тільки такий шлях дозволяє виконувати широкий ряд технічних вимог, що пред'являються сучасним дизелям.

Сучасні методи зниження шкідливих викидів суднових дизелів, являють сьогодні наукомісткі технології кращих світових інститутів.

Так фірма MAN B&W інтенсивно працює у напрямку використання технології рециркуляції відпрацьованих газів EGR (Exhaust Gas Recirculation) стосовно великих малообертових двигунів, отримані багатообіцяючі результати в зниженні викидів NOx дизельних двигунів, як стверджує фірма, на десятиріччя. Наприклад , при степіні рециркуляції 15-20 % відбувається зменшення викидів NOx до 60-80 %.

Першим кроком до зниження викидів NOx, на думку фірми Wartsila, є застосування «внутрішніх заходів» по двигуну, щоб відповідати чинним обмеженням. Ці заходи включають застосування більш високого ступеня стиснення, «пізднього» впорскування палива одночасно з використанням зміненої конструкції розпилювача і адаптованих фаз газообміну. Вони є простими і ефективними, та не впливають на надійність двигуна [4-5].

Іншою технологією зниження емісії NOx, на думку фірми Wartsila, є введення води в камеру згоряння. Емульгування палива (водопаливних емульсій) піддавалося тривалому вивченню. Гнучкість у налаштуванні двигунів RT- flex з системою Common Rail полегшує їх адаптацію до введення емульгованого палива. Використовувані в даний час насоси та їх виробники роблять можливим зниження емісії NOx на 20 % по відношенню до існуючих обмежень Рівень 1. Як альтернатива, вода може бути безпосередньо вприснута в камеру згоряння окремо від палива.

Фірма MAN Diesel здійснила дослідну експлуатацію своїх середньообертових двигунів з селективним каталітичним відновленням (SCR - Selective Catalytic Reduction) відпрацьованих газів і технологією подачі вологого повітря в циліндри двигуна (HAM - Humid Air Motor). Впровадження цих заходів дозволило отримати значне зниження викидів окислів азоту (NOx) до меж рівня Tier III вимог Міжнародної морської організації (IMO - International Maritime Organization), які набирають чинності після 2016 для прибережних районів плавання морських суден.

Також для запобігання димності на вихлопі недавно фірмою MAN була розроблена система «Lambda Control System »

Цикл Міллера скорочує такт стиснення за рахунок такту впуску, зберігаючи рух поршня вгору і вниз однаковим по швидкості (як у класичному циклу Отто). Для цього Міллер запропонував два різних підходи: або закривати впускний клапан істотно раніше закінчення такту впуску (або відкривати пізніше початку цього такту).

Цікавою є так само можливість використання « хімічного » наддуву із застосуванням азотних палив і монотоплів , що створює можливість організувати робочий цикл дизеля без використання кисню атмосферного повітря або часткове його використання (анаеробний цикл) [6-8].

На даний момент становить інтерес використання методу зміни складу повітря в дизельних двигунах. Збільшення вмісту кисню в реагуючій суміші паливо - окислювач призводить до скорочення часу згоряння палива і можливості спалювати більше палива при тій самій стехіометрії (щодо кисню до палива). Це дає можливість потенційного збільшення термічного ККД і питомої потужності дизеля[9-11].

Згідно з дослідженнями, проведеними університетом Мічігану (США) достатнього підвищення (10 %) вихідних характеристик ДВС можна досягти в результаті відносно невеликого підвищення концентрації кисню до 23 %, в той час як 90 % поліпшень можна досягти при 35 %. При концентрації кисню в надувочному повітрі від 23 % до 35 % циліндрова ефективна потужність збільшується від 10 до 90 % при різних навантаженнях. При зниженій подачі

палива потужність збільшується навіть більш, приблизно на 12 % і 110 % при тих же концентраціях відповідно. Таке підвищення потужності супроводжується підвищенням середньоефективного тиску і зниженням питомої ефективної витрати палива. Очікуване збільшення термічного ККД викликано більш високою швидкістю горіння, особливо під час фази дифузії. Однак, незважаючи на переваги використання збагаченого повітря максимальний тиск згоряння підвищувався від 3 % до 35 %, хоча таке підвищення Pz було менше підвищення циліндрової потужності.

Результати дослідження впливу збагаченого надувного повітря на робочі характеристики ДВС:

1. На повному навантаженні при збільшенні вмісту кисню в повітрі від 21% до 35 % і при збереженні постійного співвідношення кисень - паливо, середнєефективний тиск зріс до 90 %, а питома витрата палива знизилася на 15%.

2. Пізнє уприскування палива справив позитивний вплив, надавши значний вплив на максимальний тиск згоряння, при цьому не сильно погіршивши значення потужності й витрати.

3. Викиди NOx, пораховані на основі адіабатичної температури полум'я, збільшилися майже в 4 рази при вмісті кисню в повітрі від 21 % до 35%. Також регулювання кута випередження упорскування може сприяти невеликого зниження викидів, проте необхідні інші способи боротьби з NOx для відповідності стандартам викидів.

4. Регулюючи максимальний тиск кутом уприскування палива можна досягти значно більших успіхів в збільшенні потужності двигуна при використанні збагаченого повітря в порівнянні з іншими методами. До того ж, при утилізації підвищеної теплоти відпрацьованих газів ідея використання збагаченого повітря стає ще більш привабливою.

5. Оскільки необхідні зміни в системі впуску двигуна не становлять складності, дана установка може без зволікань використовуватися в складі енергетичної установки [12].

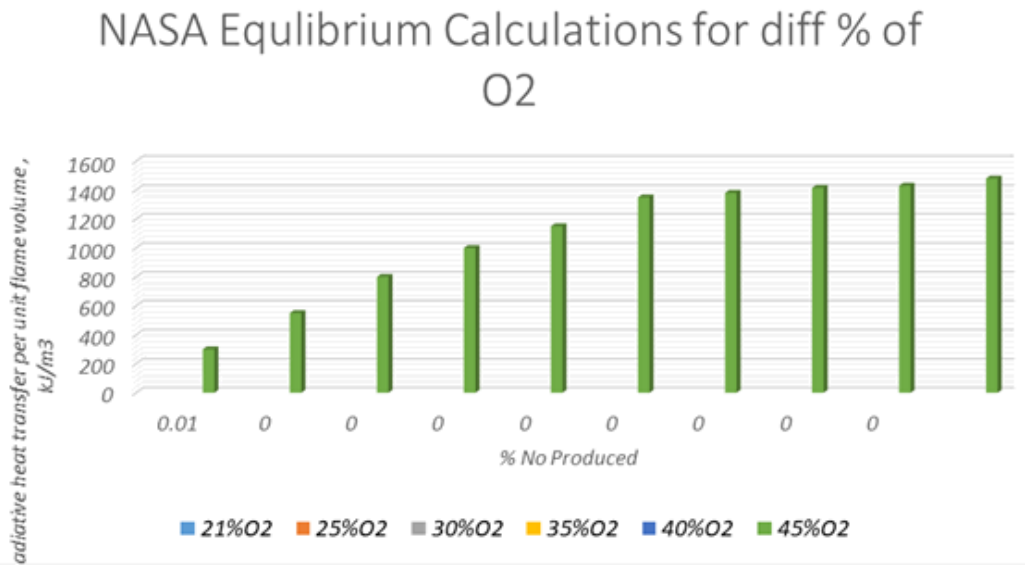


Рис. 1. Залежність викиду окислів азоту від процентного змісту кисню

Більш високий викид окислів азоту, обумовлений підвищеною температурою згоряння, є головним недоліком використання збагаченого повітря. Вивчивши інформацію про існуючі методи зниження шкідливих викидів, вимоги МАРПОЛ до викидів та хімії шкідливих речовин пропонуємо наступний метод:

Якщо використовувати подачу повітря, збагаченого азотом, в циліндри двигуна після періоду затримки самозаймання, це призведе до екзотермічної реакції окислення азоту. В результаті чого сповільнюється процес перетворення хімічної енергії палива в теплову, знизиться зростання температури і тиску в камері згоряння. Це призведе до зниження «жорсткості» роботи двигуна, збільшення періоду початкового горіння (II) (Рис 2.) А потім, подавати повітря, збагачене киснем в момент початку період основного горіння (III), можна досягти повноти згоряння палива, підвищення потужності, зменшення питомої витрати палива, зниження шкідливих викидів з відпрацьованими газами і відкладень на проточній частині турбонагнітача. Збільшення вмісту кисню суміші паливо - окиснювач, яка реагує і на нашу думку, призведе до підвищення якості згоряння палива і можливості спалювати більше палива при тій же стехіометрії (кисень до палива). Це дасть можливість потенційного збільшення термічного ККД, питомої потужності дизеля і керувати процесом згоряння палива. При збагаченні повітря киснем викиди видимого диму, твердих частин і незгорілих вуглеводнів зменшаться в результаті більш повного згоряння в значно ширшому діапазоні навантажень.[13-15].

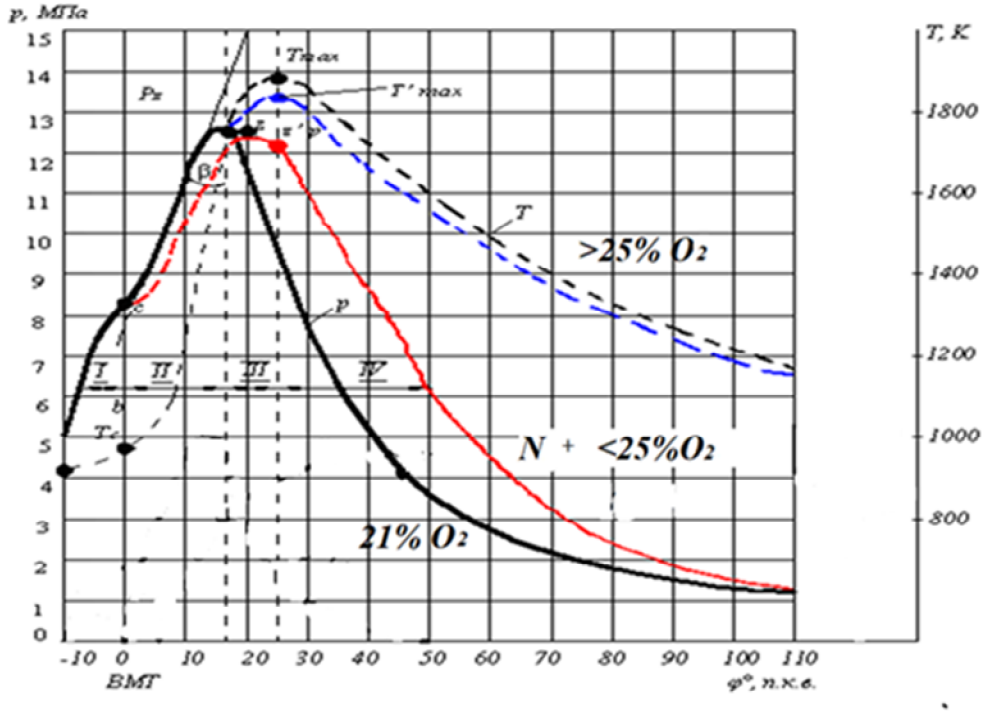


Рис 2 .Індикаторна діаграма роботи суднового двигуна з додаванням азоту та збагаченого киснем повітря

Технічні характеристики установки розділення повітря, у складі СЕУ, дозволяють отримувати повітря, збагачене киснем до 40 % за об'ємом. Збільшення вмісту кисню в реагуючій суміші паливо - окислювач на нашу думку призведе

до підвищення якості згоряння палива і можливості спалювати більше палива при тій же стехіометрії (щодо кисню до палива).

Збагачене киснем повітря, можна отримати за допомогою мембранної установки розділення повітря. В основі роботи мембранної установки лежить принцип виборчої проникності: волога, CO_2 і кисень O_2 проникають через стінку мембрани легше, ніж азот N_2, таким чином, первісна суміш газів розділяється на два потоки - азот N_2 і збагачений 40% кисень O_2.

Для реалізації такого циклу пропонується схема (рис.3) та (рис.4) , до складу якої входить живильні компресори для закачування стиснутого повітря через фільтри попередньої підготовки повітря, мембранні модулі, що розділяють повітря на N_2 та O_2 , що за допомогою прискорювальних пристроїв закачують гази до резервуарів із тиском 200 Бар відповідно, також передбачається деяка модернізація двигуна з додаванням системи подачі азоту і збагаченого киснем повітря , а саме форсунки , контрольні пристрої об'ємного впорскування та електронного блоку управлінням подачею.

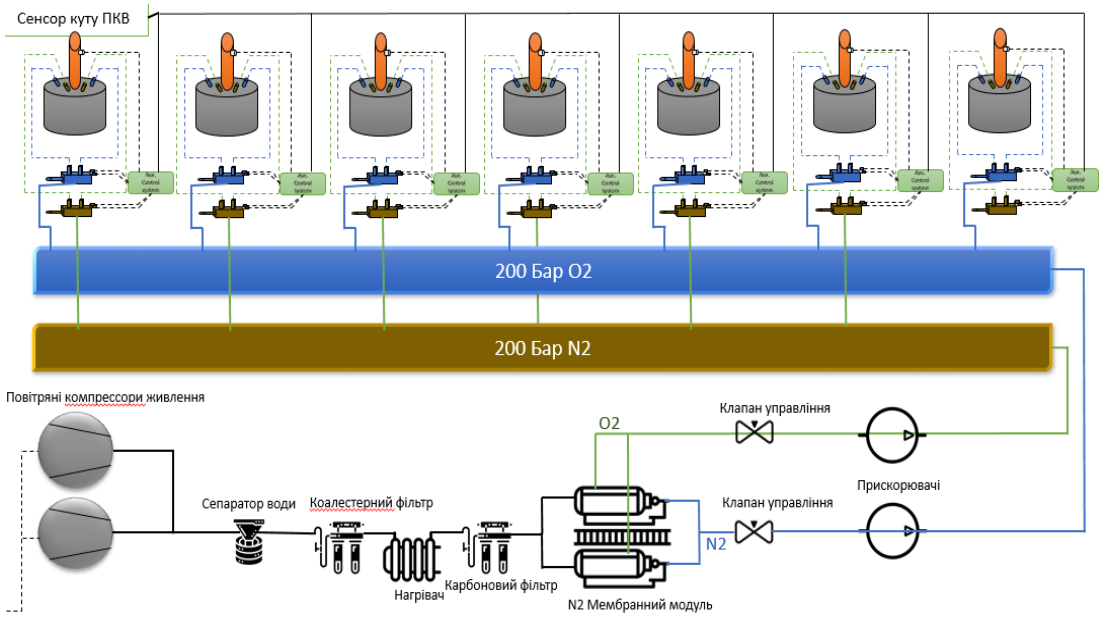


Рис. 3. Принципова схема генерації Азоту та збагаченого киснем повітря

Оскільки необхідні зміни в системі наддуву двигуна не становлять складності, дана схема установки може без зволікань використовуватися у складі енергетичної установки.

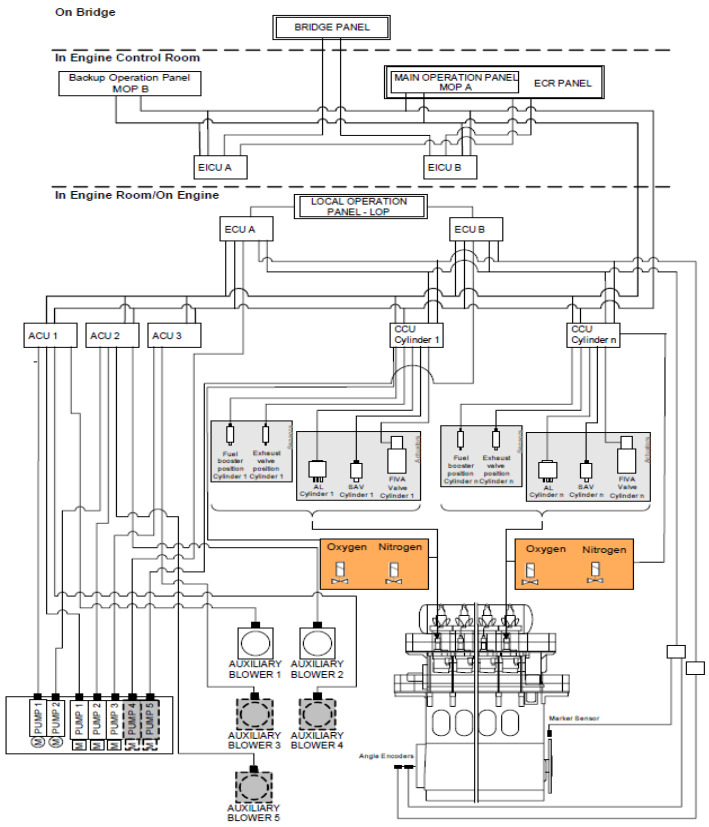


Рис. 4 Схема впровадження пропонованої установки в систему управління двигуном з електронним управлінням фірми MAN.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Додаток I та II Конвенції МАРПОЛ 73/78 про “Правила запобігання забрудненння нафтою” та ”Правила запобігання забруднення шкідливими речовинами , які перевозяться наливом” ,1981. – 361 с.
2. Приложение к Резолюции МЕРС 177(58): Технический кодекс по выбросам окислов азота от судовых дизельных двигателей. – 1997. –С.10.
3. Альфредович В.В. Токсичность двигателей внутреннего сгорания: метод. пособие. – Минск. – БНТУ. – 2016. – С. 54.
4. Андрусенко С.Е., Матвеев Ю.І. Вісник АГТУ, Морська техніка та технології,2012р. Видавництво- Вістник,35с.
5. Белоусов Е.В. Нові підходи організації робочих процесів в ДВЗ, конференція ХДМА, 2012р.-4с.
6. Пелепейченко В.І. Показники теоретичного циклу ДВЗ з хімічним наддувом / В.І. Пелепейченко, А.О. Каграманян // Двигунии внутрішнього згоряння. - 2009. - № 1. - С. 28-34.
7. Промтов М.А., Анализ методов снижения вредных веществ в отработанных газах судовых дизелей (обзор), Тамбов, 2015, С-9.
8. Самсонов В.И., Худов Н.И. Двигатели внутреннего сгорания морских судов: учебник для высших учебных заведений – 2-е издание. М.: Транспорт . – 1990. – 368 с.

9. Краснова Е.В. Улучшение экологических характеристик водородного дизеля усовершенствованием рабочего процесса: дис. на соискание уч. ст. кан. техн. наук. Москва – МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2015 . – С. 417-420.
10. Пронин Е.Н. Использование сжиженного природного газа на водном транспорте: Санкт-Петербург. – Наука. – 2016. – С. 3-8.
11. Окунев В. Н. «Перспективные технологии нейтрализации оксидов азота в отработавших газов энергетических установок». Работы II Международного научно-технического семинара «Использование,проектирование и эксплуатация судовых ДВС» 2007 р. // – СПб.: ИПЦ СПГУВК, 2008. – с. 245 – 250.
12. Assanis D.N. et al., Study of using oxygen-enriched combustion for locomotive diesel engine, Journal of engineering for gas turbines and power Y.2001, vol. 123,No.
13. Голубев М.В. Совершенствование процессов фильтрации и охлаждения отработавших выхлопных газов судовой дизельной установки: дис. На соискание уч. ст. кан. техн. наук. Одесса-ОНМА.-2016.-С.157-164
14. Костюченко Д.С., Кардаш В.П. Использование в двигателях внутреннего сгорания воздуха, обогащенного кислородом. III Всеукр. студ. науч. конф. // «Сучасні проблеми морського транспорту та безпеки мореплавства».-Херсон: издат. ХДМА. -2013.- 259-265.
15. Шліхта О.М., Кардаш В.П. Підвищення енергоефективності робочого процему суднового двигуна . Матеріали науково-технічної конференції «Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт»,21.03.2019-22.03.2019.-Одесса: НУ “ОМА”,2019.- 232-237.

УДК 629.123-621.182

Дулдієр О.П.
Національний університет «Одеська морська академія»

Аналіз емісійних характеристик топкових пристроїв суднових котлів з урахуванням явища переміжності турбулентного потоку.

Одним із напрямків досліджень топкових пристроїв, що спрямовані на пошук умов досягнення мінімальних значень емісії шкідливих викідів суднових котлів, є структурний аналіз газодинамічних властивостей процесу спалювання палива.

Емісійні характеристики продуктів спалювання в топкових пристроях значній мірі залежать від характеристик форсунок і повітряспрямовуючих пристроїв, які формують структуру газодинамічних процесів.

Структура процесу визначає транзитивні значення швидкості виділення тепла і якісного складу продуктів спалювання, які при сучасних методах оцінки якості горіння не враховуються, однак мають результуючий вплив на енергоефективність.

Експериментальні дослідження [1] топкових пристроїв не дозволяють отримати однозначні закономірності емісії шкідливих викидів при згорянні

палива в випадках структурної зміни характеристик в потоці продуктів згоряння з повітрям.

Основним завданням досліджень є визначення впливу вищесказаних характеристик окремих параметрів процесу горіння для узагальнення даних оцінки його енергетичної ефективності, а також структури феноменологічної модель для опису процесу.

Основні параметри процесів, що протікають в потоці:

- підведення і взаємодія палива і повітря;

- градієнти маси, щільності, температури, концентрації компонентів і їх розподіл в перерізі потоку;

- коефіцієнт надлишку повітря;

- вихідні і проміжні продукти згоряння.

Для встановлення якісних взаємозв'язків внутрішніх умов структури процесу з урахуванням впливу коефіцієнту надлишку повітря може бути використана відома модель «відновленої концентрації» z палива з урахуванням явища переміжності в турбулентному потоці [2].

Емісія продуктів топкового пристрою котла, яка обумовлена скалярною структурою процесу, відповідає обраній технології спалювання палива. Технологія спалювання палива, в свою чергу, залежить від полідисперсного складу розпилу палива і його розподілом в об’ємі, який визначається стехіометричною поверхнею горіння z_s під впливом процесів випаровування і дифузії компонентів. В області стехіометричної поверхні термодинамічні умови формуються під впливом хімічної кінетики. Внаслідок ланцюгового характеру хімічних реакцій цей процес відбувається поетапно, на кожному з яких утворюється значна концентрація транзитних продуктів [3], в тому числі вуглецевих структур (сажі). За умови термодинамічної рівноваги швидкість процесів достатньо висока і хімічне перетворення палива відбувається в вузьких просторових зонах з випадковим характером розподілу. Внаслідок вищевказаної особливості процесу, в полум'ї формуються кілька характерних областей, в яких його скалярна структура відмінна. При цьому ці області розділені вузькими зонами, в яких закон горіння змінюється. Як визначено в роботі [2], скалярна структура процесу, склад продуктів горіння і температура визначаються за умови його термодинамічної рівноваги.

Виділяють дві характерні області:

- існування турбулентного дифузійного полум'я $z_s(N)$, коли умови горіння палива слабо залежать від характеристик турбулентного потоку;

- області $z < z_s$, де порушується умова існування турбулентного дифузійного полум'я.

Для оцінки енергетичної ефективності паливного пристрою використовується коефіцієнт повноти спалювання палива η_c, який визначається для кожної з виділених областей в залежності від коефіцієнту надлишку повітря

$$\eta_c = \frac{Q_к}{Q_н^p G_m}$$

$$\eta_c = (1 + \alpha St)\varphi(t)\frac{c_p \Delta T}{Q_i^{\partial}},$$

$$\alpha \Rightarrow \frac{Q_н^p}{St}\frac{1}{u_m S_ф c_p \Delta T \rho_г} G_в = \frac{Q_н^p}{St}\frac{V_в}{u_m S_ф c_p \Delta T}.$$

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дулдиер А.П. Анализ эффективности процессом сжигания топлива при работе котельной установки на частичных режимах. 5 Международная научно-практическая конференция «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT) – 2013. сс.106-107.
2. Kuznetsov V.R., Sabel'nikov V.A. Turbulence and Combustion. New York : Hemisphere Publishing, 1990. 362 p.
3. Варнатц Ю., Маас У., Диббл Р. Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ /Пер. с англ. Г. Л. Агафонова. Под ред. П. А. Власова – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 352 с.

УДК 629.123-621.182

Дулдієр О.П., Боріщук О.О.
Національний університет «Одеська морська академія»

Характеристики процесу горіння в топковому пристрої

Якість процесу горіння в топках суднових котлів є необхідною, але не достатньою умовою досягнення необхідної їх енергоефективності.

Під час експлуатації здійснюється постійний візуальний контроль за якістю процесу згоряння палива по кольоровим характеристикам з урахуванням всіх необхідних умов і заходів по захисту.

Для повноцінного контролю всіх змін кольорових характеристик полум’я необхідні виміри як інтенсивності світлового потоку, так і його перерозподіл по довжині хвилі, що приймається від випромінювання, оскільки спектральні характеристики полум'я в значній мірі залежать від виду палива.

При згорянні мазуту випромінювання відбувається у видимому, інфрачервоному й ультрафіолетовому спектрі і визначається оптичними властивостями сажі. Радіаційна здатність полум’я залежить від температури, концентрації сажі в об’ємі полум'я та режимних параметрів, що визначають скалярну структуру робочого процесу. Основна частина енергії випромінювання мазутного полум’я відповідає інфрачервоній частині спектра, і характеризується довжиною хвилі 0,8-800 мкм. Видимий спектр випромінювання відповідає довжинам хвиль в діапазоні 0,4-0,8 мкм.

Оцінка якості горіння за кольором полум'я відповідає умові візуального зіставлення і класифікації випромінювання за існуючими колірним діаграм.

В основі визначення кольору [2] лежить його математичний вираз як вектора багатовимірного простору, а кольоровості - двовимірної величини, яку можна уявити точкою на площині.

Математичні основи визначення кольору ґрунтуються на принципах, в яких процедура дискретизації потоку випромінювання по спектру полягає в розкладанні випромінювання складного спектрального складу на *Λ*- компонент. Реакція на випромінювання на і-ом спектральному інтервалі визначається за формулою

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

де *k* - коефіцієнт перетворення;

спектральні характеристики: $G(\lambda)$ - чутливість перетворення; $\tau_i(\lambda)$ - спектрозонального фільтра; $\varepsilon(\lambda)$ - спектральна ступінь черноты; $I(\lambda)$ - інтенсивність теплового випромінювання по АЧТ.

Відповідно координати кольоровості визначаються

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

Оскільки під знаком інтеграла стоять експериментально знайдені величини то для обчислення кольоровості був використаний чисельний метод інтегрування - метод зважених координат. Видимий спектр випромінювання полум'я був розбитий на рівні інтервали $\Delta\lambda$ = 5нм. Значення інтенсивності теплового випромінювання полум'я розраховувся за формулою Планка для температур в діапазоні 1500 ÷ 2500ºК. Спектральна чутливість $G(\lambda)$ визначалась значеннями ординат кривих складання в системі *XYZ* [3].

У процесі аналізу характеристик випромінювання по положенню точки кольоровості визначається стан процесу в *H* - області кольоровості полум'я, в залежності від температури і ступеня чорноти полум'я.

Вибір коефіцієнтів, що визначають положення кордонів області *H*, її розмірів і розташування на площині проводиться шляхом розрахунку координат кольоровості випромінювання на кольоровій діаграмі *XYZ*.

Результати розрахунків наведені на рис.1.

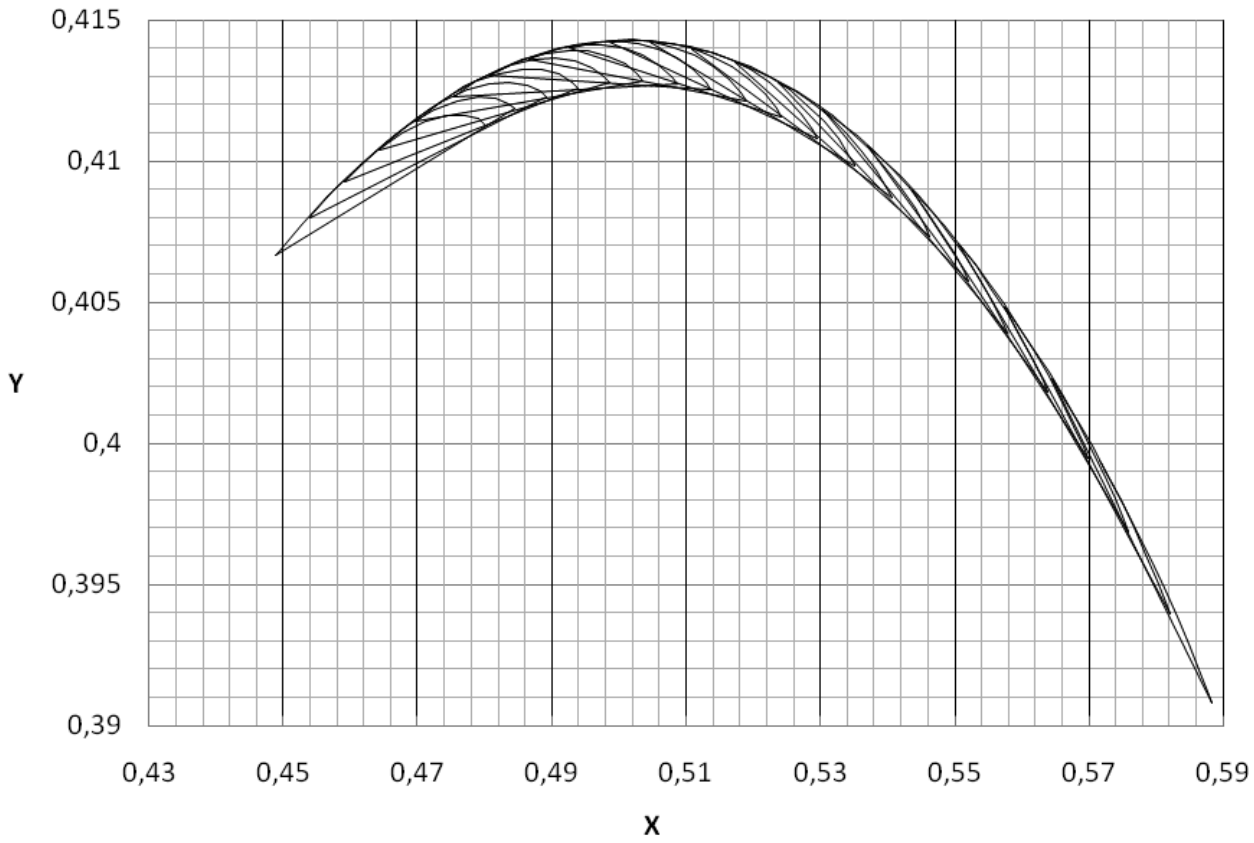


Рис.1 Кольоровість полум’я в діаграмі *XYZ*

На діаграмі область кольоровості полум'я Н, представляє собою вузьку смугу зі зміною кольоровості для випадку випромінювання полум'я як АЧТ і для випадку випромінювання прозорого полум'я які практично зливаються і визначають межі області Н, формуючи дихотомічне систему кольоровості.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гиль В.В. Оптические методы исследования процессов горения. – Минск: Наука и техника, I984. –128 с.

2. Дулдиер А.П. Цветовые характеристики пламени как показатель качества сжигания топлива // Автоматизация судовых технических средств: науч. – техн. сб. –2004.- Вып. 9.- Одесса: ОНМА. – с.31-36.

3. Мешков В.В., Матвеев А.Б. Основы светотехники: Учеб. пособие для вузов: В 2-х ч. Ч.2. Физиологическая оптика и колориметрия.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Энергоатомиздат, - 432 с.

УДК 620.3

Латиш О.М.
Національний університет «Одеська морська академія»

Синтез наноматеріалів та їх властивості

Наноматеріали– це дисперсні або масивні матеріали (структурні елементи - зерна, кристаліти, блоки, кластери), геометричні розміри яких хоча б в одному вимірі не перевищують 100 нм, і такі, що мають якісно нові властивості, функціональні й експлуатаційні характеристики, які проявляються внаслідок наномасштабних розмірів.

Усі речовини у початковому стані або після певного оброблення (подрібнення) мають різний ступінь дисперсності, розмір їх складових частинок не можна побачити неозброєним оком.

Об’єкти з розмірами в межах 1-100 нм прийнято вважати **нанооб’єктами**, але такі обмеження є досить умовними. При цьому дані розміри можуть стосуватися як усього зразка , так і його структурних елементів.

Основні переваги нанооб’єктів і НМ полягають у тому, що через малі розміри в них проявляються нові особливі властивості, не характерні цим речовинам у масивному стані.

Класифікація за розміром. За розмірною ознакою нанооб’єкти поділяють на три типи: нульвимірні (0D), одновимірні (1D), двовимірні (2D).

Основні методи одержання наноматеріалів

В наш час існує кілька методів виготовлення наноматеріалів шляхом одержання порошків з їх наступним перетворенням у об'ємний виріб. Геометричні розміри таких виробів поки малі, існують проблеми усунення пористості, наявності домішок, практичного застосування технологій і т.д. При виготовленні наноматеріалів використають традиційні методи фізики, хімії та інших наук.

Порошкові технології. У сучасному машинобудуванні широко використаються готові вироби, отримані з дрібнодисперсних порошків методом спікання (порошкова металургія). За такою технологією виготовляють ріжучі пластини, свердла, мітчики та інший різальний інструмент, а також функціональні деталі машин, наприклад шатуни двигунів внутрішнього згоряння. Методами порошкової металургії виготовляють сортові сталі й сплави, з яких шляхом механічної обробки виготовляють готові вироби. Такі технології дозволяють одержати рівномірну дрібнозернисту структуру матеріалу, що значно підвищує фізико-механічні й експлуатаційні властивості виробу. Під порошком при цьому розуміють сукупність твердих часток, що перебувають у зіткненні, невеликих розмірів - від декількох нанометрів до тисячі мікрометрів.

При виготовленні наноматеріалів використовують ультрадисперсні порошки з розмірами часток меньше 100 нм, які піддаються спіканню, гарячому або холодному пресуванню з метою одержати вироб. При цьому кількість пор повинна бути скорочена до мінімуму й збережена наноструктура вихідного порошку – запобігаючи процесу рекристалізації у мікронні об’єкти.

Методи отримання нанопорошків

Методи отримання нанопорошків повинні відповідати таким загальним вимогам :

- висока швидкість утворення центрів зародження частинок;
- повільний ріст частинок;
- можливість контролю розміру частинок;
- найбільший розмір частинок не перевищує 100 нм;
- малі значення дисперсії, стабільність отримання частинок заданого розмірного діапазону;
- повторюваність хімічного і фазового складу частинок;
- контрольованість параметрів процесу отримання.

Методи одержання порошків можна розділити на хімічні й фізичні.

Поділ методів на хімічні і фізичні носить умовний характер. При використанні фізичних методів легше здійснюється керування розмірами, складом і формою часток.

Метод конденсації заснований на випарі й конденсації атомів, які осаджуються на холодну поверхню циліндра, що обертається, з утворенням нанокристалічних часток. Розрізняють гомогенне й гетерогенне зародження зародків (кластерів). Процес відбувається в середовищі інертного газу, як правило, гелію. Шляхом зміни умов синтезу можна отримати наноматеріали різної форми та різних розмірів. Широку популярність набув метод одержання об'ємних наноматеріалів, запропонований Глейтером . Конденсат з поверхні циліндра знімається спеціальним шкребком і попадає в колектор. Потім інертний газ відкачують і при тиску порядку 1 Гпа здійснюють попереднє, а потім при тиску до 10 ГПа - остаточне пресування порошку. У результаті виходять заготовки у вигляді дисків діаметром 5-15 мм і товщиною 0,2-3,0 мм із густиною до 70-90% теоретичної густини відповідного матеріалу.

Для наноматеріалів можна досягти 90-95% теоретичної густини, для нанокераміки - до 85%, при цьому розміри наночастинок можуть досягати від одиниць до десятків нанометрів.При одержанні нанокристалічних оксидів і нітридів використають кисневу або азотовмісну атмосферу. Ізоляція процесу від впливу навколишнього середовища дозволяє одержувати досить чисті наноматеріали.

Густина наноматеріалів може бути збільшена за рахунок підвищення температури пресування, але в цьому випадку може початися рекристалізація, й розмір часток буде рости до десятків мікрометрів. Густина отриманих зразків з наноматеріалів також залежить від тиску та часу пресування. Найбільш перспективне при цьому динамічне пресування, що здійснюється при високочастотних коливаннях.

Змінюючи перенасичення системи (збільшуючи або знижуючи тиск пари, наприклад, змінюючи температуру процесу), можна домагатися потрібного розміру часток отриманих порошків.

Конденсаційні методи дозволяють одержувати ультрадисперсні порошки з розміром часток декілька нанометрів, але продуктивність при цьому дуже

низька. Методи дозволяють наносити на поверхню порошка тонкі полімерні плівки, що запобігають агломерації та корозійному впливу.

Плазмохімічний синтез проходить при температурах до 6000 – 8000 К, що забезпечує високий рівень перенасичення, а також більші швидкості реакцій. Використаються при цьому дугові плазмотрони і надвисокочастотні (НВЧ) генератори плазми. Дугові апарати мають високу продуктивність і порівняно недорогі, але НВЧ -установки забезпечують одержання з незначною дисперсією за розміром і більш чистих порошків. Як вихідні матеріали для плазмохімічного синтезу використають хлориди металів, металеві порошки, кремній - і металоорганічні з'єднання.

Плазмохімічна технологія забезпечує одержання ультрадисперсних порошків тугоплавких металів (W, Mo), з'єднань (Ti, Al, $A1_2O_3$, SiC, Si_3N_4, Ti(C,N) і ін.), а також композиційних об'єктів типу Si_3N_4 + SiC, TiB_2 + Ti й ін. у більших обсягах. Через особливості плазмохімічного синтезу (неізотермічність процесу, можливість коагуляції часток, тощо) розподіл отримуваних часток по розмірах у більшості випадків досить широкий.

В основі методу ***синтезу в умовах ультразвукового впливу*** лежить ефект кавітації мікроскопічних пухирців, при цьому в невеликому об’ємі розвиваються високі тиски порядку 50-100 МПа і температура 3000 К і вище, а також досягаються високі швидкості нагрівання й охолодження (до 1010 К/с). В умовах кавітації пухирець стає своєрідним нанореактором. Таким методом отримано багато нанокристалічних (аморфних) металів, сплавів і тугоплавких з'єднань (наприклад, наночастинки Fe, Ni і C і їхніх сплавів з карбонілів, колоїди золота й міді, нанооксид Zr й ін.).

Можна одержувати порошки за допомогою ***електричного вибуху дротиків***. Відомо, що при пропущенні через відносно тонкі дротики імпульсів струмів 104–106А/мм^2 відбувається вибухове випаровування металу з конденсацією його пару у вигляді часток різної дисперсності. Залежно від складу середовища, у якому протікає процес, може відбуватися утворення металевих часток (інертні середовища) або оксидних (нітридних) порошків (окисні або азотні середовища). Необхідний розмір часток і продуктивність процесу залежать від параметрів розрядного контуру та діаметра використаного дроту. Форма наночастинок переважно сферична, розміри часток змінюються в широких межах. Для наночастинок розміром 50-100 нм таких металів, як A1, Cu, Fe й Ni продуктивність установки становить 50-200 г/год при енерговитратах до 25-50 кВт·год/кг. Можуть бути отримані нанопорошки оксидів ($A1_2O_3$, TiO_2, ZrO_2, $MgA1_2O_4$ й інші.) з розміром 20 – 30 нм.

Вибір того або іншого методу одержання нанопорошків залежить від пропонованих до них вимог, властивостей вихідного матеріалу і економічного обґрунтування процесу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Латиш О.М. Отримання нанопорошків механічними методами/ Матеріали науково-технічної конференції " Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт ", 24.03.2015 – 25.03.2015. Частина 1. – Одеса: ОНМА, 2015. – с. 177-179

2. The delivery of nanoparticles / A. A. Hashim. – InTech : Croatia, 2012. – 552 p.
3. Нанотехнологии. Азбука для всех / под ред. Ю. Д. Третьякова. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 368 с.
4. Наноматеріали і нанотехнології в приладобудуванні: навч. посіб. / О.П. Ткач. - Електронне видання каф. Прикладної фізики. - Суми: СумДУ, 2014. - 127 с.
5. Проценко І. Ю. Основи матеріалознавства наноелектроніки: навч. посібн. / І. Ю. Проценко, Н. І. Шумакова. – Суми : СумДУ, 2004. – 108 с.
6. Наноматериалы, нанопокрытия, нанотехнологии / Н. А. Азаренков, В. М. Береснев, А. Д. Погребняк и др. – Харьков : ХНУ им. В.Н. Каразина, 2009. – 209 с.
7. Заячук Д. М. Нанотехнології і наноструктури / Д. М. Заячук. – Львів : Львівська політехніка, 2009. – 580 с.
8. Анищик В. М. Наноматериалы и нанотехнологии / В. М. Анищик / под ред. В. Е. Борисенко, Н. К., Толочко. – Минск : БГУ, 2008. – 375 с.
9. Киреев В. Нанотехнологии: история возникновения и развития / В. Киреев // Наноиндустрия. – 2008. – № 2. – С. 2–10.

10.31653/smf39.2019.78-88

Савельева О.С., Малахова Д.О.
Одеський національний політехнічний університет

Програмний комплекс для застосування інформаційних технологій на танкері

Постановка проблеми

У більшості технологічних процесів, що використовують інформаційні технології для візуалізації поточних параметрів, мається на увазі представлення остаточного результату в найбільш зручному для користувача вигляді. У застосуванні до різних тепло- і масообмінних або гідродинамічних процесів, які зустрічаються на суднах можна констатувати, що поля температури, швидкості, тиску, завихореності, концентрації і т. п., які отримуються в кінцевому підсумку дуже часто характеризуються багатовимірними і великими за обсягами масивами чисельних даних. Всі методи, що використовуються для їх обробки вимагають наявність у користувача певних знань і дуже часто характеризуються слабкою інформативністю або завищеними вимогами до обчислювальної техніки.

Не дивлячись на існування цілого наукового напряму під назвою обчислювальна гідродинаміка (CFD - computational fluid dynamics) можна констатувати, що роботи, присвячені методам візуалізації отриманих розрахункових даних зустрічаються не часто. На основі аналізу сучасних досліджень в області візуалізації процесів з переміщенням тепла, газів або крапельних рідин можна констатувати відсутність надійного методу обробки даних. Відомі методи характеризуються відсутністю інформативності подачі кінцевих результатів і вимагають високі витрати з обчислювальної точки зору.

Особливий інтерес представляє собою використання інформаційних технологій в застосуванні до морських суден. Відображення контрольної інформації іноді безпосередньо визначає якість проведення різних вантажних або технологічних операцій. Практично на кожному судні з високим ступенем періодичності проводять роботи, що пов'язані з вентиляцією або мийкою різних робочих обсягів або вантажних трюмів, транспортуванні речовин по гнучких і жорстких трубопроводах і т.п. У більшості випадків всі ці процеси контролюються за допомогою засобів контрольно-вимірювальної апаратури, без використання сучасних методів візуалізації чисельних значень потокових даних.

Можна констатувати, що в застосуванні до багатьох робочих процесів на морських суднах до теперішнього часу інформаційні технології не застосовувалися. Рішення проблеми візуалізації чисельних даних, що відображають якість і швидкість робочого процесу, може привести до отримання найголовнішого результату - підвищенню прибутку від роботи судна.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Найбільш повний і якісний опис сучасного стану питання про візуалізацію процесів перенесення тепла і маси, що зустрічаються при роботі суден приведений в роботах [1-3], проте в них присутні деякі неточності. Наприклад, в якості методу візуалізації розрахункових даних наводиться метод предиктора-коректора, який за фактом може використовуватися тільки на стадії чисельної схеми рішення рівнянь переносу. Ця стадія відповідає отриманню тільки масиву вихідних розрахункових даних, а не його обробці з метою побудови картини візуалізації поля течії або перенесення тепла.

Практично у всіх наукових статтях і монографіях, що відносяться до візуалізації процесів перенесення тепла і маси використовується тільки два варіанти побудови графічних образів отриманих полів швидкості, тиску, ліній струму, завихореності і т. п. Їх вибір визначається тільки самими дослідниками при цьому самі методи не піддаються якісному аналізу або оцінці з точки зору інформаційних технологій.

У процесах перенесення теплоти і маси використовується досить обмежений набір первісних характеристик і параметрів, які їх описують. Відповідно до інформаційних оглядів, що представлені в роботах [1-4] Більшість параметрів описує:

- фізичні властивості речовини, так звані основні параметри стану, наприклад: щільність, питомий об'єм, температура, в'язкість, поверхневий натяг, пружність і т.п .;

- міру рівноважного стану речовини з точки зору термодинаміки або гідромеханіки, наприклад: тиск, температура, напруженість, швидкість перенесення речовини або енергії, ентальпія, ентропія.

В теорії одиниць виміру, що використовується для аналізу різних теплових і гідромеханічних процесів показано, що практично всі параметри властивостей і стану можуть бути записані за рахунок комбінації базових одиниць виміру [5-6]. При складанні критеріїв подоби до таких базових одиниць роз-

мірності відносять: кілограм (кг), метр (м), градуси - температурний (0С) і кутовий (град), секунду (сек).

Такий підхід до розгляду характерних параметрів потоку з направленим рухом з точки зору інформаційних технологій є не зручним. Основна причина цього недоліку полягає в тому, що при побудові характеристик потоків тепла або маси перераховані вище властивості складно піддаються інформаційному аналізу. У числових масивах вихідних даних вони неекономно витрачають виділені для програмних комплексів обсяги пам'яті і збільшують час їх процесорної обробки. З цієї причини замість набору числових масивів доцільним є використання аналітичних виразів або констант, що описують ці властивості. В архітектурі програмних комплексів такий підхід дозволяє ще на початковій стадії формувати необхідні інформаційні потоки і в подальшому їх використання буде виконуватися з найменшими витратами обчислювальної потужності.

Прикладом одного з таких виразів є видозмінене рівняння Менделєєва-Клайперона, яке дозволяє визначати щільність повітря з урахуванням вологості і температури

$$\rho = \frac{P_в}{R_п T} + \frac{\psi P_{н.п}}{R_п T}. \quad (1)$$

де ρ – щільність повітря, кг/м^3; $P_в$ – парціальний тиск сухого повітря, Па; $P_{н.п.}$ – парціальний тиск насиченої водяної пари, Па; ψ – відносна вологість, %; $R_в$ – газова постійна для сухого повітря, Дж/(кгК); $R_п$ – газова постійна для пари, Дж/(кгК); Т – температура, К.

Формулювання мети дослідження

Основна мета наукового дослідження полягає у формулюванні основних принципів використання інформаційних технологій на суднах із застосуванням методу візуалізації чисельних масивів даних при відображенні процесів руху різних потоків (теплових, аеро- або гідродинамічних) з виділенням і двовимірним графічним відображенням динаміки зміни головних визначальних параметрів.

Викладення основного матеріалу досліджень

Головним призначенням будь-якого методу візуалізації процесів перенесення тепла і маси є відображення специфічних особливостей рухомого потоку із наданням можливості проведення одночасної чисельної оцінки цих особливостей. В даний час існує два напрямки візуалізації течій - відображення експериментальних образів і побудова чисельних результатів рішення використаних рівнянь руху або даних від засобів вимірювання і контролю. Предметом виконаних досліджень був другий напрямок - інформаційна обробка потокових даних і побудова допоміжної картини візуалізації за допомогою відповідного програмного забезпечення.

До параметрів розподілу основних властивостей рухомих газів і крапельних рідин можна з точки зору їх подальшої візуалізації віднести наступні:

1. Вектор швидкості. При візуалізації цей параметр потоку, що рухається відображають чотирма способами: спрямованими стрілками (масштаб довжини і просторова спрямованість визначається і будується відповідно до знаків і

чисельними значеннями проекцій швидкості на відповідні віссі координат); колірним розподілом (градації і мірі інтенсивності кожного кольору присвоюється невеликий діапазон зміни значень швидкості, зазвичай: синій - мала швидкість, червоний - велика швидкість); монохромним світловим відтворенням (з градаціями сірого кольору); графічним відображенням даних у відповідній системі координат.

З цих чотирьох способів візуалізації швидкості для проведення кількісного аналізу має сенс тільки колірний розподіл і графічне відображення. На їх основі найчастіше робляться висновки про особливості руху потоку. Решта способів візуалізації швидкості дозволяють робити тільки якісні висновки про характерні особливості руху розглянутого потоку.

2. Тиск. При візуалізації цього параметра використовуються два способи, які аналогічні відображенню вектору швидкості. До них відносяться: колірне дво- або тривимірне розподілення ізоліній або ізоповерхонь, а також використовується графічне відображення.

Використання при візуалізації спрямованих стрілок в силу того, що тиск скалярна величина є безглуздим.

3. Функція струму. Вона являє собою лінію, до кожної точки якої вектор швидкості в даний момент часу спрямований по дотичній. У двовимірної площині відображення функції струму є однозначним, проте в разі тривимірного простору коректність відображення лінії струму в силу неоднозначності її визначення є спірною. Виходячи з рівняння запису просторової лінії струму у вигляді

$$\frac{dX}{V_x}+\frac{dY}{V_y}+\frac{dZ}{V_z}=\varphi=const, \qquad (2)$$

можливо стверджувати, що в разі тривимірного простору її відображення неможливо. З цієї причини можна сформулювати висновок, що в сучасній літературі і альтернативних джерелах інформації велика частина наукових результатів візуалізації потоків, що містить просторові лінії струму, не відповідає реальним процесам. У більшості випадків така візуалізація відображає наукові гіпотези про характер руху просторового потоку і не може розглядатися як достовірний результат.

Для візуалізації двовимірних стаціонарних потоків, де числова база даних, що обробляється, являє собою набір скалярних функцій, лінії струму є одним з найбільш якісних варіантів відображення отриманих результатів. При візуалізації ліній струму побудову поля течії можливо зробити досить легко за допомогою наступного двомірного уявлення

$$V_z dX - V_x dZ = \varphi dX dZ = const, \qquad (3)$$

де φ – числове значення функції току, $м^3/с$.

Значення функції струму φ є параметром, який легко порахувати. Ця величина являє собою величину витрат між двома сусідніми лініями струму.

Порівняння рівнянь (2) і (3) показує, що при візуалізації гідродинамічного потоку значення лінії струму не враховують додаткові складові поля швидкості в одному з поперечних напрямків. Ця невідповідність є недоліком. Він може не враховуватися тільки в одному випадку - коли інформаційна технологія ви-

користовується для візуалізації результатів просторово-симетричного потоку. Прикладом таких потоків є: рух потоку всередині труб з незмінною формою поперечного перерізу; рух одиночного струменя, сферичний тепловий потік від точкового джерела і т.п.

Для безпосередньої програмної реалізації рівняння (3) пропонується використовувати в різницевому поданні такого вигляду

$$\varphi = \frac{V_z[x_{i+1}-x_i]-V_x[z_{i+1}-z_i]}{x_{i+1}-x_i}, \qquad (4)$$

Якщо в інформаційно-програмному комплексі для візуалізації потоку використовується рівномірна сітка з ідентичним кроком по довжині то рівняння (4) спрощується до

$$\varphi = \frac{V_z[x_{i+1}-x_i]-V_x}{x_{i+1}-x_i} \qquad (5)$$

Після знаходження чисельних значень функції струму φ її можна відобразити з використанням різних методів статистичної обробки вибірки ідентичних значень з заданою межею похибки.

4. Завихореність. Практично всі потоки містять вихори, а ступінь інтенсивності їх обертання оцінюється поняттям завихореності.

Розподіл завихореності в області рухомого потоку можна візуалізувати за допомогою набору вихорових ліній, кожна з яких буде відповідати певному числовому значенню завихореності. У кожній точці вихорової лінії повинно виконуватися умова колінеарності орту дотичної і вектору складової "вихорової" швидкості.

5. Температура. При візуалізації цього параметра використовуються два способи, які є аналогічними відображенню величини тиску. Це - кольоровий розподіл і графічне відображення. Дуже часто при графічному відображенні значення температури прив'язують до зміни будь-яких комплексних характеристик потоку. Ці характеристики, сформульовані у вигляді критеріальних залежностей, відображають співвідношення між основними силами, які формують конкретну картину руху теплового потоку. Найчастіше до таких сил відносять силу інерції, ваги, тиску, поверхневого натягу. Комплексними характеристиками потоку зазвичай є число Рейнольдса, Пекле, Струхаля, Вебера, Фруда і т. д.

6. Концентрація речовини в рухомому багатофазовому потоці. При візуалізації цього параметра використовуються три способи, які аналогічні відображенню вектора швидкості. До них відносяться: кольоровий розподіл, монохромне світлове відображення і графічні образи.

Найчастіше розподіл концентрації за обсягом, який обмежений жорсткими поверхнями візуалізують за допомогою двох або тривимірних графічних образів.

Комбінація і комплексна обробка сформульованих шести параметрів при використанні інформаційних технологій в конкретних суднових технологічних процесах дозволяє під час візуалізації отримати і якісно відобразити всю необхідну інформацію. В даний час подібна обробка інформаційних даних в програмному забезпеченні суден відсутня.

Наступним етапом візуалізації суднових технологічних процесів є конкретна локалізація даних в області потоку, що моделюється. Залежно від виду розглянутого процесу (теплового, гідродинамічного, їх комбінації і т. п.) при візуалізації результатів іноді виникає необхідність використання різних координатних систем. В інформаційних технологіях для характеристики розташування або локалізації конкретного результату можуть використовуватися прямокутна, циліндрична і сферична координатні системи. Перехід між ними легко здійснити за допомогою коефіцієнтів Ляме. У ряді випадків при візуалізації використовуються криволінійні координатні системи та такі, що самоадаптуються, однак їх використання є дуже специфічним і не завжди відповідає реальним змінам потоку, що відображається.

В даний час всі методи візуалізації спрямовані на побудову картини течії при обробці експериментальних зображень і при моделюванні за рахунок використання багатовимірної хмари даних, що одержується при вирішенні диференціальних рівнянь відповідних математичних моделей.

Для поліпшення існуючих методів візуалізації потоків з метою подальшого використання в судновому програмному забезпеченні була сформульована наукова гіпотеза: при візуалізації необхідно використовувати не специфічні характеристики або параметри потоку тепла або маси в поточний момент часу, а їх математичне подання у вигляді набору операторів векторної алгебри. До таких алгебраїчних операторам відносяться: градієнт скалярного поля (змінність); дивергенція (розбіжність), скалярний диференційний оператор поля вектора; ротор (вихор), векторний диференційний оператор векторного поля. В цьому випадку під час проведення інформаційної обробки можливо використовувати чисельні значення характеристик потоку як в поточний, так і в попередні моменти часу і таким чином при візуалізації відображати з високою якістю тенденцію їх зміни. До теперішнього часу в програмному забезпеченні суднових технологічних процесів такий підхід при візуалізації потоків тепла і маси не використовувався.

Застосування операторів векторної алгебри до побудови картини візуалізації будь-якого гідродинамічного потоку буде виконувати найголовнішу функцію - показувати локальну зміну характеристик з можливістю проведення кількісного аналізу. Такий аналіз можливо проводити вже по не тільки по всій області потоку тепла або маси, що відображається, але і в конкретних локально виділених ділянках потоку. У цьому випадку можливо зробити повне об'єднання інформаційних технологій з термодинамікою або гідро-аеромеханікою і вирішити головне питання візуалізації - створення стаціонарного образу, який відображає динаміку зміни основних особливостей потоку. До таких особливостей можна віднести: виникнення зон підвищеної турбулентності; освіту і подальше існування застійних областей в напівзамкнених або кутових зонах тривимірних просторів трюмів і танків судна; виділення областей із стійкими великомасштабними вихровими зонами; виникнення хвильових або періодично повторюваних течій, характерних областей температурної стратифікації, зміну локальних областей концентрації вибухо- або пожежонебезпечних газоподібних продуктів в замкнутих обсягах трюмів і т. і.

Практичне значення запропонованого підходу до вирішення проблеми створення наукових основ для методу візуалізації технологічних процесів на суднах добре демонструється на прикладі руху двофазного потоку грунту і води при русі уздовж всмоктувальної ділянки суднового ґрунтопроводу. Таке завдання виникає при роботі суден днопоглиблювального флоту і фактично відображає продуктивність роботи судна за обсягом видобутого грунту. В першу чергу продуктивність залежить від відстані між шаром грунту, що видобувається і грунтозабірним механізмом. Чим воно більше, тим менше концентрація грунту в видобутій пульпі і нижче показники прибутку від роботи судна.

Технологія видобутку грунту за рахунок розрядження, що створюється судновим насосом, не дозволяє змінювати витрату пульпи і води за малий період часу. Фактично оператор, який керує грунтозабірним пристроєм і процесом підйому двофазного потоку води і грунту на борт судна контролює робочі характеристики процесу тільки за одним показником - поточною продуктивністю грунтового насоса. Цей чисельний параметр не є інформативним оскільки він не відображає скільки води і скільки грунту перекачується в одиницю часу і не дозволяє робити якісні висновки про швидкість заповнення грунтом (без води) трюму судна.

Вирішення цієї проблеми, тобто підвищення якості процесу забору грунту при інших рівних умовах можна отримати якщо при візуалізації робочого процесу буде використовуватися зміна градієнта концентрації грунту в пульпі в часі. В цьому випадку при розробці програмного забезпечення необхідно передбачити виведення на монітор оператора графіка, який показаний на малюнку 1. Ця крива є динамічним відображенням робочого процесу і повинна будуватися безпосередньо в ході роботи судна. На наведеному графіку вісь ординат відповідає градієнту концентрації грунту в пульпі, що одержується *С, %*, а вісь абсцис поточному часу роботи судна *t, хв*.

Як видно на графіку використання запропонованого підходу має високу інформативність оскільки в будь-який поточний момент часу оператор може прийняти правильне рішення про якість проведеного процесу видобутку грунту. Судно працює ефективно тільки при виконанні умови про незмінність або позитивне зростання величини градієнта концентрації. На графіку цій умові відповідають усі значення, які знаходяться вище віссі абсцис. Зростання кривої свідчить про підвищення якості робочого процесу в цілому і про скорочення часу видобутку необхідного обсягу грунту.

У разі, коли величина градієнта приймає негативні значення (на малюнку 1 вони відповідають пунктирній лінії) оператор бачить, що судно не виконує свої функції і в цьому випадку необхідно змінити умови положення грунтозабірного пристрою по відношенню до рівня дна, або змінити зону роботи самого судна.

У застосуванні до розглянутого робочому процесу на суднах днопоглиблювального флоту до теперішнього часу інформаційні технології не застосовувалися. Можна констатувати, що використання запропонованої візуалізації чисельних даних для відображення поточних параметрів процесу роботи судна призведе до отримання найголовнішого результату - підвищенню рентабель-

ності за рахунок скорочення часу робочого процесу і витрат палива на його проведення.

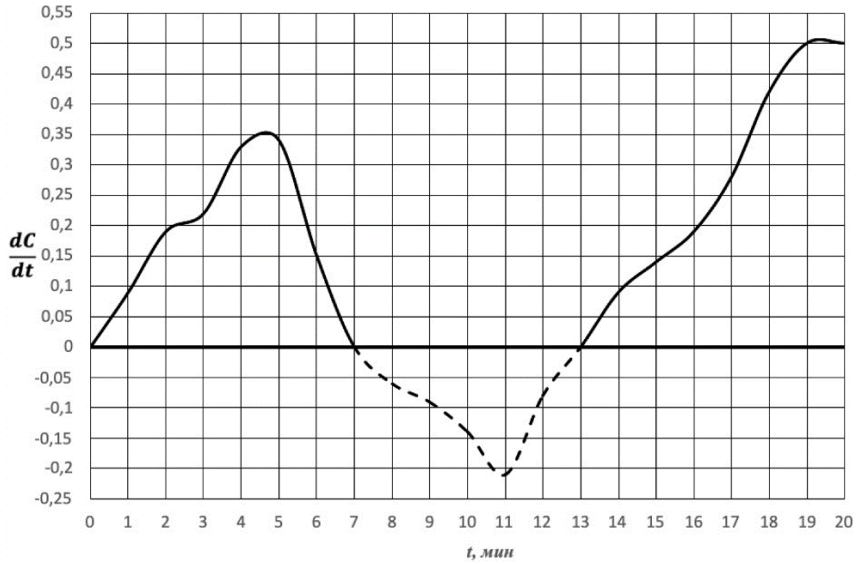


Рисунок 1. Візуалізація якості процесу видобування грунту під водою

Висновки

1. У сучасній літературі і альтернативних джерелах інформації велика частина наукових результатів візуалізації потоків, що містить просторові лінії струму, не відповідає реальним процесам. У більшості випадків така візуалізація відображає наукові гіпотези про характер руху просторового потоку і не може розглядатися як достовірний результат.

2. При візуалізації необхідно використовувати не специфічні характеристики або параметри потоку тепла або маси в поточний момент часу, а їх математичне подання у вигляді набору операторів векторної алгебри - градієнта скаляра, дивергенції і ротора векторів. В цьому випадку під час проведення інформаційної обробки можливо використовувати чисельні значення характеристик потоку як в поточний, так і в попередні моменти часу і таким чином при візуалізації відображати з високою якістю тенденцію їх зміни.

3. Рішення проблеми підвищення якості процесу забору грунту при роботі суден днопоглиблювального флоту можливо отримати якщо використовувати візуалізацію зміни градієнта концентрації грунту в пульпі у часі. Така візуалізація поточних параметрів процесу роботи судна призведе до отримання найголовнішого результату - підвищенню рентабельності за рахунок скорочення часу робочого процесу і витрат палива на його проведення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Знаменская И.А., Коротеева Е.Ю., Глазырин Ф.Н. Методы цифрового анализа изображений жидких и газоплазменных потоков на основе кросс–корреляционной обработки Научная визуализация, 2018, Т. 10, № 4, с. 111 – 119.

2. Знаменская И.А., Гвоздева Л.Г., Знаменский Н.В. Методы визуализации в механике газа. – М.: МГАИ им. С. Орджоникизде. 2001. – 57 с.

3. Бондарев А.Е., Галактионов В.А., Чечеткин В.М. Анализ развития концепций и методов визуального представления данных в задачах вычислительной физики. Журнал вычислительной математики и математической физики, 2011, Т. 51, N 4, С. 669–683.
4. А.Е. Бондарев. Анализ многомерных данных в задачах вычислительной газовой динамики. Научная визуализация, 2014. Кв. 4. Т. 6, № 5. С. 61-68.
5. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике. Изд–во Наука. Гл. ред. физ. – мат. лит–ры. М. 1965. 386 с.
6. Башта Т. М., С. С. Руднев. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. Учебник для машиностроительных вузов. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.

УДК 629.123-621.182

Малахов О.В., Гуділко Р.Г.
Національний університет «Одеська морська академія»

Вплив ступеня обводнення палива на основні показники роботи суден водного транспорту

На підставі огляду літературних джерел проведено аналіз основних напрямків вирішення проблеми підвищення ефективності роботи суден водного транспорту за рахунок використання технологій підготовки водо–паливних сумішей і їх подальшого використання в судновій енергетичній установці.

В результаті аналізу було встановлено, що підвищення техніко–економічних показників роботи судна може бути досягнуто шляхом розробки нової технології, яка дозволяє отримувати і використовувати водо–паливні емульсії при роботі суднового головного двигуна без зниження основних показників потужності, що їм розвивається. Для вирішення проблеми підвищення техніко-експлуатаційних показників судна необхідно визначити теоретичним і експериментальним шляхом основні показники робочого процесу, що полягає у основу розробленої технології підготовки водо–паливної емульсії, і показати, яким чином вони можуть бути використані в практиці експлуатації суден.

Під час досліджень було виконано підвищення техніко–економічних показників роботи судна шляхом розробки нової технології. Вона дозволяє отримувати і використовувати водо–паливні емульсії при роботі суднового головного двигуна без зниження основних показників потужності, що їм розвивається. Обробка отриманих результатів виконувалася за допомогою сучасних програмних комплексів та методів математичної статистики.

На основі розробленої технології при сумарній економії палива до п’ятнадцяти відсотків можливо підтримувати вихідну потужність головного двигуна на постійному рівні за рахунок чого досягається значний економічний ефект. Розроблена методологія модернізації суднових технологічних схем підготовки палива незалежно від їх конструктивного виконання, типу судна, продуктивності системи, або потужності головного двигуна надає можливість

впровадження практичних рекомендацій, що були отримані під час досліджень.

Виконано дослідження роботи суден на різних режимах навантаження головного двигуна з використанням водно-паливних емульсій із вмістом концентрації водної компоненти від одного до п'ятнадцяти відсотків. В результаті проведених досліджень показано, що позитивними результатами впровадження на судні системи підготовки водо–паливної емульсії є:

– підвищення якості процесу спалювання палива в головному двигуні судна;

– зниження загальної витрати палива (при концентрації води в водо–паливній емульсії 7 % на 56,12 т/місяць, а при концентрації води в водо–паливній емульсії 15 % на 65,12 т/місяць;

– зниження теплової напруженості двигуна і його теплових перевантажень за рахунок зменшення температури згоряння водо–паливної емульсії в порівнянні з зневодненим паливом дає зменшення температури відхідних димових газів на 52,7 0С ;

– зменшення нагару і кількості відкладень на внутрішніх поверхнях робочих циліндрів головного двигуна судна дає зменшення концентрації оксиду вуглецю СО на 3,635 мг/м3, а діоксиду вуглецю СО2 на 1,3 %.

На підставі методу інтегральної оцінки та дифузійної теорії горіння з урахування кінетичних факторів було встановлено, що концентрація води в паливі безпосередньо впливає на зміну маси краплі водо–паливної емульсії під час її згоряння. Потік, що містить воду у великих кількостях, піддається кращому розпилу, а, отже, характеризується більшою довжиною факела, що одержується. Також, при підвищеній місткості вологи маса краплі водо–паливної емульсії в ході свого руху зменшується більш плавним чином.

В результаті експериментального вивчення впливу величини концентрації води в паливі на процес його спалювання в робочій камері головного двигуна судна були отримані результати, які можуть бути використані, як універсальні при оцінці полів температури і концентрації всередині робочої камери головного двигуна судна.

Було встановлено, яким чином наявність води в дизельному паливі впливає на два основних експлуатаційних показника судна – витрату палива і температуру димових газів. Виміри проводилися під час переходу судна, коли три робочих режиму навантаження його головного двигуна при незмінному числі його обертів відповідно становили: 80 %, 50 % і 30 %.

Найкращий ефект в економії палива при використанні водо–паливної емульсії було досягнуто при навантаженні на головній двигун судна 80 %. В цьому випадку можливе отримання економії палива в 13,42 %.

Запропонована нова методика інтегрування розробленої технології підготовки водо–паливної емульсії в комплекс технічних систем суднових енергетичних установок. Показано, що її використання на судні є доцільною при постійних навантаженнях на головний двигун судна.

Для проектування, монтажу та експлуатації суднової системи підготовки палива сформульований перелік її основних технологічних параметрів.

Література

Malahov O. Efficiency improvement of ships operation by water–fuel emulsion using / Malahov A., Gudilko R., Palagin A., Maslov I. // Восточно–Европейский журнал передовых технологий. – 2016. – № 3(8). – С. 48–53.

ІНЖЕНЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТА ПРОФЕСІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА МОРІ

УДК 629.123

Колегаєв М.О., Бражнік І.Д., Парменова Д.Г.
Національний університет «Одеська морська академія»

Технологія використання процеса примусового тепло-масообміну при інертизації танкера

Основні принципи роботи системи інертних газів (ІГ) на танкерах базуються на спалюванні дизельного палива в генераторі ІГ. Продукти згоряння, отримані в процесі експлуатації генератора ІГ, після низки операцій з їх очищення і зниження температури направляються в вантажні приміщення танкера. При заповненні об'єму вантажного трюму ІГ поступово витісняють повітря, в результаті чого отримуємо основний результат –концентрація кисню в об'ємі трюму знижується до менш ніж 8% від загального обсягу трюму. При такій концентрації кисню мікроатмосфера в середині трюму вважається безпечною з точки зору пожеж або вибухів.

У загальному випадку при розгляді процесу теплової конвекції в області дії сили тяжіння рівняння, що описує зміну щільності суміші ІГ і повітря в середині трюму танкера може бути записано у вигляді [1-3]

$$d\rho = \left(\frac{\partial \rho}{\partial T}\right)_P dT + \left(\frac{\partial \rho}{\partial P}\right)_T dP$$

де ρ – щільність ІГ, *кг/м³*; T – температура, *°С*; P – тиск, *Па*.

Відповідно до рекомендацій роботи [4], у першому наближенні розподіл температур між стінками по ширині і висоті вантажного трюму можна приймати лінійним. Граничними значеннями в цьому випадку повинні бути показники температури ІГ, які подаються в трюм і початкова температура повітря в середині нього.

Для характеристики стійкості повітряного руху у трюмі судна під час подачі струменів ІГ, необхідно використовувати безрозмірний критерій Ричарсона

$$Ri = \frac{g\left(\frac{\partial \rho}{\partial z}\right)}{\rho\left(\frac{\partial V_z}{\partial z}\right)^2}$$

У цьому виразі координата z відповідає вертикалі трюму судна. Початкова точка її відліку повинна відповідати лінії сполучення верхньої межі суднового трюму з атмосферою.

При ламінарному висхідному (з лінійним профілем швидкості) русі повітря в трюмі за рахунок подачі ІГ стійкість течії буде присутня, при задоволенні нерівності $Ri > 0{,}25$ [5].

Процес заміщення повітря шляхом подачі ІГ призведе до турбулентного режиму його руху. У першому наближенні епюру розподілу швидкості в поперечному перерізі трюму при такому русі відповідно до роботи [6] можна писати у вигляді

$$v = 5.75 \lg \frac{y\sqrt{\frac{\tau}{\rho}}}{\nu} + 5.5$$

де v – швидкість, *м/с*; y – поточна координата поперечного перерізу трюму, м; τ – напруга тертя на стінці, Па; ρ – щільність потоку, *кг/м*^{3}; ν –кінематична в`язкість потоку, *м/с*^{2}.

Величина напруги тертя τ може бути визначена з урахуванням максимальної швидкості (яка визначається з поточної витрати ІГ) за емпіричним виразом у вигляді [5]

$$\tau = 0{,}0225\rho\left(v_{max}\left[\frac{y}{\frac{1}{2}H}\right]^{\frac{1}{7}}\right)^{\frac{1}{4}}\left(v_{max}\left[\frac{y}{\frac{1}{2}H}\right]^{\frac{1}{7}}\right)^{\frac{7}{4}} y^{-\frac{1}{4}}$$

де v_{max} – максимальна швидкість руху повітря, м/с; H – ширина поперечного перерізу трюму, м.

Примусова подача ІГ в трюм танкера щодо його вентиляції заснована на структурі рухомого потоку повітря с невисокими швидкостями всередині обмежуючих його жорстких стінок вантажного трюму. Подача струменів ІГ повинна здійснюватися у ядрі висхідного повітряного потоку. У цьому випадку турбулізація стійкого перерізу течії у середній частині вантажного трюму танкера буде призводити тільки до скорочення часу процесу його вентиляції. З цієї причини під час експериментальних досліджень були використанні три технологічні схеми інертизації танкера. Вони зображені на рисунку 1.

Перша схема (див. рис. 1-а) системи вентиляції містить тільки одне джерело струменю ІГ. Воно розміщується у центральній точці вантажного трюму. Під час експериментів використовувалось три сопла з кутами розкриття конуса факела, струменю α який витискає, відповідно рівними 160°, 90° и 30°.

Друга схема (див. рис. 1-б) системи вентиляції містить чотири джерела струменів ІГ, які розташовані на дні трюму в вигляді хреста.

Сопла розташовані по діагоналі по центрах чотирьох однакових прямокутних зон на дні трюму. Насадки на соплах утворювали кут розкриття конуса факела струменя рівний 30°, що виключало взаємний вплив струменів ІГ під час їх витікання у повітряний простір.

Третя схема (див. рис. 1-в) системи вентиляції була комбінована і показала найкращий результат. Кількість джерел струменів ІГ дорівнює п'яти. На початку процесу подачі ІГ були використані чотири джерела, які розташовані по краях (див. рис. 1). При зниженні початкової концентрації кисню в повітрі на тридцять відсотків, подача ІГ відбувалась тільки з центрального джерела струменю ІГ.

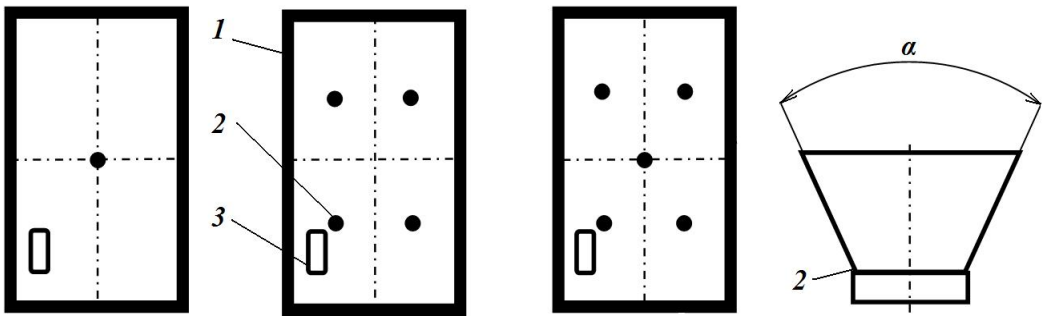


Рисунок 1. Схеми подачі струменів ІГ у вантажний трюм:
а – перша схема; б – друга схема; в – третя схема.
1 – вантажний трюм; 2 – сопло подачі ІГ; 3 – вихідний люковий отвір

Результати вимірювань зниження концентрації для усіх трьох технологічних схем показані на рисунку 2. Там же наведені результати, які отримані за допомогою стандартного суднового технологічного процесу. На графіках видно, що найкращий результат зниження часу провітрювання вантажного трюму було досягнуто за допомогою третьої технологічної схеми. У порівнянні з використанням традиційної подачі ІГ зміни на краще за рівними умовами призвели до додаткового зниження концентрації кисню за той же період вентиляції трюму.

На рисунку 3 наведені вимірювання, які описують процес зниження концентрації кисню у вантажному трюмі танкера під час його вентиляції шляхом примусової подачі ІГ. Ці дані були порівняні з даними вимірювання аналогічного параметра при стандартній дії подачі ІГ в трюм судна із результатами теоретичних досліджень за допомогою розробленої математичної моделі. Ці концентрації кисню відповідають точці виходу повітря з вантажного трюму в атмосферу. Експериментальні результати були отримані одночасно, коли два повністю ідентичні вантажних трюми були заповнені ІГ за допомогою стандартної технологічної схеми і з використанням розробленої комбінованої подачі [7].

Як видно з графіків, використання примусової подачі призвело до кількісного, але не якісного розходження у відмінностях щодо часу концентрації кисню всередині трюму. Отримана відмінність між двома експериментальними

кривими показала, що використання процесу примусової подачі ІГ в середину трюму призвело до отримання головного і основного результату - скорочення часу, витраченого на вентиляцію обробки трюмів танкера перед отриманням нового вантажу. З графіка видно, що на початку процесу вентиляції зміна концентрації кисню відбувається однаково незалежно від способу подачі ІГ.

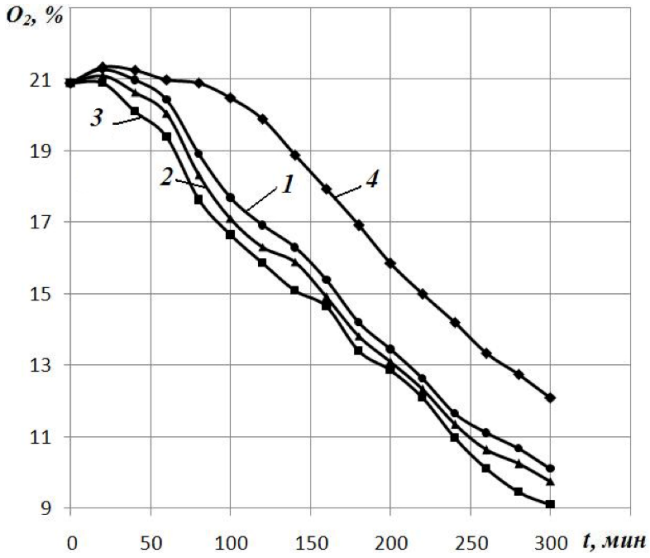


Рисунок 2. Зниження концентрації кисню у трюмі:
1 – перша технологічна схема; 2 – друга технологічна схема;
3 – третя технологічна схема; 4 – стандартна подача ІГ

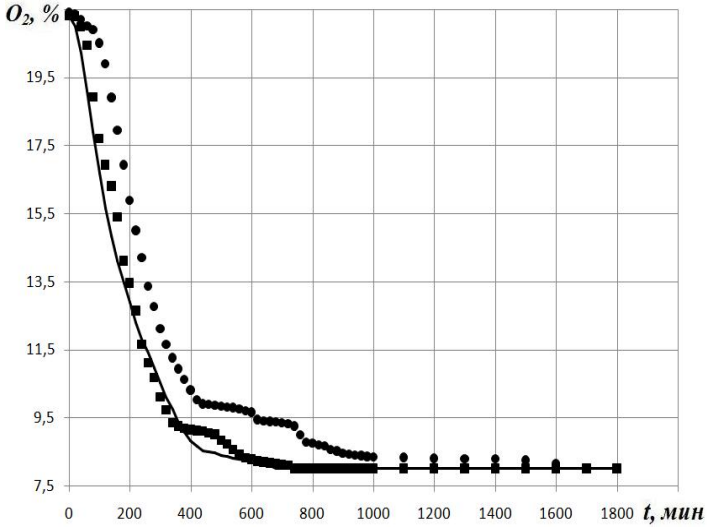


Рисунок 3. Інертизація вантажних приміщень танкера:
● – стандартна подача ІГ;
■ – примусова подача ІГ; лінія – розрахункові дані

Значна розбіжність між кривими починається через 80 хвилин після того, як починається процес вентиляції трюму. Залежно від способу вентилювання трюму, остаточна концентрація кисню всередині його робочої зони різна і її значення у випадку примусової вентиляції стає меншим, ніж природної. На графіку видно, що досягнення стаціонарного значення концентрації кисню у

8% при примусової подачі ІГ спостерігається впродовж 740 хвилин після початку процесу вентиляції трюму. Така ж концентрація під час природної вентиляції трюму протягом цього періоду часу була більшою і склала 9,25%. Досягнення стаціонарного значення спостерігалося приблизно за 1700 хвилин після початку процесу вентиляції трюму.

У процентному співвідношенні поліпшення процесу вентиляції трюму при зміні природної вентиляції трюму на примусову складає значення 13,5 %. Скорочення часу за іншими рівними умовами склало 56,47 %.

Висновки.

1. Такий же тип технологічних контурів і обладнання, що використовується для виробництва, обробки і подачі ІГ на танкери проявляється в ідентичності технічних проблем, які виникають під час їх експлуатації.

2. На танкерах доцільно використовувати примусову подачу ІГ в трюм судна з кутом розпорошення в насадці сопла рівним 30°. Через збільшення зони конвективної взаємодії між ІГ і повітрям значення концентрації кисню всередині трюму будуть найнижчими.

3. Використання процесу примусової подачі ІГ призводить до скорочення часу, необхідного для вентиляційної обробки трюму танкера на 56,47 %.

4. Основним напрямком подальших досліджень має бути удосконалення системи підготовки палива, що використовується в судновому генераторі інертних газів. Збільшення диспергування може бути досягнуто за допомогою процесу кавітаційної обробки палива до його спалювання.

СПИСОК ЛІТЕОРАТУРИ

1. Годштик М.А., Штерн В.Н., Яворский Н.И. Вязкие течения с пародоксальными свойствами. – Новосибирск: Наука, Сиб. Отд-ние, 1989. –336 с.
2. Андерсон, Дж. Таннехилл, Р. Плетчер Вычислительная гидромеханика и теплообмен. – М.: Мир, 1990. Т. 1-2. 726 с.
3. Пейре Р., Тейлор Т. Вычислительные методы в задачах механики жидкости. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1986. 352 с.
4. Malakhov O., Kolegaev M., Malakhova D., Maslov I., Brazhnik I., Gudilko R. Improvement of working parameters of ships with the use of water-fuel emulsions. Technology audit and production reserves. Vol 6, N 3 (44) (2018). Chemical engineering. P. 14-20.
5. Джалурия Й. Естественная конвекция. Тепло- и массообмен. – М.: Мир, 1983. – 400 с.
6. Павленко В. Г. Основы механики жидкости. – Л.: Судостроение, 1988.–240 с., ил.
7. Oleksiy V. Malakhov, Mikhail O. Kolegaev, Igor D. Brazhnik,Oksana S. Saveleva, Diana O. Malakhova. New Forced Ventilation Technology for Inert Gas System on Tankers. International Journal Of Inovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), ISSN: 2278-3075 (Online), Volume-9, Issue-4, February 2020, Page No.2549-2555.

УДК 612.68 (042)

Голікова В.В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Особиста безпека та профілактика вірусних інфекцій у плавскладу морського флоту

Вступ. Понад 200 тис. моряків працюють в різних регіонах та під різними прапорами країн світу. У світі щороку реєструється понад 1 млрд. випадків інфекційних захворювань шлунково-кишкового тракту і дихальних шляхів. Понад 75 млн. людей у світі хворіють на гострі респіраторні вірусні інфекції. Під час сучасної загрози пандемії COVID-19 ситуація набуває характеру стихійного лиха і завдає країнам величезного економічного збитку.

Першими, з громадян України, на COVID-19 захворіли члени екіпажу круїзного лайнера «Diamond Princess».

Актуальність теми. Згідно з оперативною інформацією МОЗ України, про поширення коронавірусної інфекції COVID-19 питання профілактичних заходів інфекційних вірусних хвороб стоїть дуже гостро. Станом на ранок 10 березня 2020 року у світі було зареєстровано 114 219 випадків захворювання COVID-19, з них 4024 закінчились смертю, водночас 64 147 (56,2%) осіб одужали. За межами Китаю зафіксовано 33 295 випадків у 103 країнах/територіях/регіонах. На території Європейського регіону зареєстровано 15 114 випадків захворювання COVID-19 (Італія - 9172, Німеччина -1139, Франція - 1412, Іспанія - 1024, Швейцарія - 332, Великобританія - 323, Нідерланди - 321, Бельгія - 239, Швеція - 248, Норвегія - 192, Австрія - 131, Греція - 73, Ісландія - 55, Сан-Марино - 49, Данія - 90, Ізраїль - 35, Фінляндія - 30, Чехія - 36, Ірландія - 21, Португалія - 30, Грузія - 15, Хорватія - 11, Естонія - 10, Азербайджан - 9, Словенія - 23, Румунія - 15, Білорусь - 6, Польща - 16, Росія - 7, Угорщина - 9, Північна Македонія - 4, Словаччина - 5, Болгарія - 4, Мальта - 3, Боснія та Герцеговина - 2, Латвія - 6, Сербія - 2, Андорра, Вірменія, Литва, Люксембург, Монако, Молдова, Україна по одному випадку) та 529 летальних випадків.

В Україні зареєстровано 1 лабораторно підтверджений випадок COVID-19. Оскільки спалах COVID-19 продовжує розвиватися, ВООЗ проводить його порівняння з грипом. Обидва викликають респіраторні захворювання, але між цими двома вірусами і тим, як вони поширюються, є важливі відмінності. Це має важливе значення для прийняття заходів охорони здоров'я громадськості для реагування на кожен вірус [1].

Постановка задачі. Вивчити сучасну інформацію що до профілактики вірусних інфекцій.

Результати досліджень. Заходи з профілактики інфекційних хвороб можна умовно розділити на дві групи — загальні та спеціальні. Загальні заходи — це державні заходи, направлені на підвищення матеріального добробуту, поліпшення медичного забезпечення, умов праці та відпочинку населення, санітарно-технічні, гідротехнічні, а також міжнародні заходи щодо карантинних інфекцій. Спеціальні профілактичні заходи проводяться спеціалістами лікуваль-

но-профілактичних і санітарно-епідеміологічних установ. Відомо, що для розвитку епідемічного процесу необхідні 3 ланки: джерело інфекції, механізм передачі та сприйнятливість населення. Відсутність або розрив будь-якої з цих ланок приводить до припинення епідемічного процесу. Існує 3 групи профілактичних заходів: 1. Заходи, направлені на джерело інфекції. 2. Заходи, направлені на механізм передачі інфекції, мета яких — розрив шляхів передачі інфекції. 3. Заходи, направлені на підвищення несприйнятливості населення до інфекції. Важливу роль відіграють профілактичні заходи, направлені на джерело інфекції. Відомо, що джерелом інфекції при антропонозних хворобах є хвора людина або носій збудників. При зоонозних інфекціях джерелом інфекції є хвора тварина. Профілактичні заходи цієї групи: діагностичні, ізоляційні, лікувальні та режимно-обмежувальні. При деяких інфекційних хворобах госпіталізація у стаціонар є обов'язковою (особливо небезпечні інфекції, черевний тиф, висипний тиф, дифтерія, менінгококова інфекція й ін.). При інших нозологічних формах за відсутності епідеміологічних і клінічних протипоказань допускається ізоляція хворих удома (дизентерія, ешерихіоз, кір та ін.). Важливим профілактичним заходом є активне виявлення бактеріоносіїв і їх санація. Виявлення бактеріоносіїв проводиться в осередку інфекції, серед реконвалесцентів при виписуванні, а також серед персоналу харчових установ, водопровідних станцій, дитячих закладів. Бактеріоносії на деякий час усуваються від роботи для бактеріологічного обстеження і санації. При особливо небезпечних інфекціях (чума, холера) особи, що були в контакті з хворим, підлягають ізоляції (цей захід називається обсервація). Тривалість ізоляції залежить від максимального інкубаційного періоду наприклад: при чумі — 6 днів, при холері — 5 днів. Обсервація є складовою частиною карантинних заходів [2].

У 2005 р. ВООЗ прийняла новий варіант міжнародних санітарних правил [3]. Відтепер регулюванню, відповідно до цих правил, підлягають «…випадки, які можуть стати надзвичайною ситуацією у галузі суспільної охорони здоров'я, та мають міжнародне значення». До них належать: 1. Холера, легенева чума, жовта гарячка, геморагічні гарячки Марбурга, Ебола, Ласа, гарячка Західного Нілу, натуральна віспа, поліомієліт, спричинений «диким» вірусом поліомієліту, людський грип, спричинений новим підтипом (у тому числі й вірусом пташиного грипу — поправка 2006 р.), SARS. 2. Інші хвороби, які є особливою національною та регіональною проблемою (наприклад, гарячка денге, менінгококова хвороба). 3. Інші надзвичайні ситуації у галузі суспільної охорони здоров'я, які можуть впливати на населення інших країн: повені, витікання та викиди хімічних речовин, аварії на ядерних реакторах тощо. Усі країни — члени ВООЗ зобов'язані своєчасно інформувати цю організацію про всі випадки виникнення захворювань, на які розповсюджуються міжнародні санітарні правила, а також проводити відповідні протиепідемічні заходи. При зоонозних інфекціях профілактичні заходи мають свої особливості. Якщо джерелом інфекції є домашні тварини, то необхідно проводити санітарно-ветеринарні заходи щодо їх оздоровлення. Якщо джерелом інфекції є миші та щурі, то проводиться дератизація. У профілактиці інфекційних хвороб важливим заходом є дії, направлені на механізм передачі інфекції. Передача збудни-

ка від хворої людини здоровій здійснюється за допомогою різних факторів (вода, їжа, повітря, пил, комахи й ін.). Профілактичні заходи, направлені на другу ланку епідемічного процесу, підрозділяють на 3 групи: гігієнічні, дезінфекційні та дезінсекційні. При кишкових інфекціях із фекально-оральним механізмом передачі (черевний тиф, холера, дизентерія) основними чинниками передачі збудника є їжа, вода, рідше — мухи, брудні руки. У профілактиці цих інфекційних хвороб найбільше значення мають загально санітарні та гігієнічні заходи. При інфекціях дихальних шляхів (кір, краснуха, дифтерія, скарлатина, менінгококова інфекція, грип) запобіжними засобами є санація повітряного середовища приміщень, застосування респіраторів. Дезінфекція проводиться тільки при скарлатині та дифтерії, оскільки збудники більшості інфекцій дихальних шляхів мало стійкі у зовнішньому середовищі. При трансмісивних інфекціях велике значення має метод дезінсекції, направлений на знищення комах. Заходами, направленими на третю ланку епідемічного процесу, є підвищення загальної неспецифічної резистентності організму, а також специфічна профілактика, направлена на створення штучного імунітету (активного або пасивного) проти інфекційних хвороб. Специфічна профілактика проводиться за допомогою вакцин, анатоксинів, сироваток, гаммаглобулінів. Вакцини й анатоксини створюють активний імунітет, сироватки і гаммаглобуліни — пасивний. Вакцини поділяються на живі й убиті. Для виготовлення вакцин використовуються мікроби з ослабленою вірулентністю.

Попри те, що зараз в Китаї проводяться клінічні випробування ряду лікарських засобів і розробляється понад 20 вакцин для COVID-19, в цей час немає ліцензованих вакцин або терапевтичних засобів для COVID-19. Навпаки, противірусні препарати та вакцини доступні для грипу. Хоча вакцина проти грипу не ефективна проти вірусу COVID-19, рекомендовано проходити вакцинацію щороку, щоб запобігти зараженню грипом [4].

Висновки:

Для профілактики інфекційних вірусних хвороб слід дотримуватися сучасних рекомендацій та заходів. ВООЗ опублікувала зведений пакет чинний керівництв щодо забезпечення готовності і реагування для країн, щоб вони могли уповільнити і зупинити передачу COVID-19 і врятувати життя.

Для COVID-19 дані на сьогодні припускають, що 80% інфекцій є легкими або безсимптомними, 15% є тяжкими інфекціями, які вимагають кисневої терапії, і 5% є критичними випадками, які вимагають штучної вентиляції легень. Ці важкі і критичні випадки інфекції найбільш серйозніші, ніж спостерігається д при грипі. Найбільш схильні до ризику важкої грипозної інфекції діти, вагітні жінки, люди похилого віку, люди з хронічними захворюваннями і люди з імунодефіцитом. Для COVID-19 поточні дослідження показують, що старший вік і наявні супутні захворювання підвищують ризик розвитку важкої інфекції. Смертність від SARS-CoV-2 вище, ніж від грипу, особливо від сезонного грипу. Хоча для повної розуміння справжньої смертності від COVID-19 буде потрібно якийсь час, наявні у нас дані показують, що коефіцієнт летальності (число зареєстрованих смертей, поділене на зареєстровані випадки) становить 3-

4%, частота смертей від інфекції (число зареєстрованих смертей, поділене на кількість інфекцій) буде нижче. Для сезонного грипу летальність зазвичай значно нижча 0,1%. Однак летальність значною мірою визначається від доступності та рівня надання медичної допомоги.

На сайті Кабінету Міністрів України публіковано розпорядження від 03.02.2020 №93-р "Про заходи щодо запобігання занесенню і поширенню на території України гострої респіраторної хвороби, спричиненої короновірусом 2019-nCoV"[1].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.moz.gov.ua [Електроний ресурс]: [Інтернет-портал].- Оперативна інформація про поширення коронавірусної інфекції COVID-19-Режим доступу: https://moz.gov.ua/article/news/operativna-informacija-pro-poshirennja-koronavirusnoi-infekcii-2019-ncov- (дата звернення 10.03.2020).- Назва з екрану.

2. Інфекційні хвороби. Курс лекцій : навч. посібник / Є. В. Нікітін, К. Л. Сервецький, Т. В. Чабан— Одеса : ОНМедУ, 2012. — 252 с.

3.zakon.rada.gov.ua [Електроний ресурс]: [Інтернет-портал].- Міжнародні медико-санітарні правила (2005 р.) - Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/897_007 (дата звернення10.03.2020).- Назва з екрану.

4. who.int ua [Електроний ресурс]: [Інтернет-портал].- Рекомендации ВОЗ для населения в связи с распространением коронавирусной инфекции (COVID-19) - https://www.who.int/ru/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public (дата звернення10.03.2020).- Назва з екрану.

УДК 159.943(042)

Розлуцький О.М. Мамкічев М.А.
Національний університет «Одеська морська академія»

Підвищення рівня дисципліни це рух у бік безпечної експлуатації суден

Вступ. Значне зростання інтенсивності морських перевезень протягом останніх десятиріч призвело до збільшення кількості аварій суден, в т.ч. і з людськими жертвами та важкими техногенними наслідками. Широке застосування нових інформаційних технологій та автоматизованих систем в судноплавстві не гарантує зупинення цього процесу, оскільки, з одного боку, використання сучасних інформаційних систем управління рухом судна значно полегшує працю моряків, але з іншого - об'єктивно породжує нові проблеми, обумовлені процесами взаємодії людини і технічних засобів.

У попередній статті [1] я взявся розглянути питання про вплив суб'єктивного фактора на безпечну експлуатацію судна. Як вже відомо, суб'єктивний фактор складається з трьох основних складових, рівні яких дійсно впливають на аварійність суден при експлуатації. Це професійний рівень моряка, дисциплінованість і його психофізіологічний стан. Те, наскільки моряк здоровий, тверезий, виспався, відпочив у вільний час і т.п. звичайно ж, відображається на

якості його праці. Але не варто «відбирати хліб» у наших медиків. Вони самі прекрасно розберуться з можливими проблемами психофізіологічного стану моряка і витікаючими від сюди наслідками. У цій же статті розглянута така складова суб'єктивного фактора як дисципліна і її вплив на безпеку експлуатації судна.

Актуальність дослідження. Проблемі забезпечення безпеки мореплавства в багатьох країнах світу, в тому числі й в Україні, приділяється пріоритетне значення. Державна політика в сфері забезпечення безпеки судноплавства, визначена постановою Кабінету Міністрів України за № 1137 від 07 жовтня 2009 року, передбачає координацію дій усіх суб'єктів, що є відповідальними за безаварійне судноплавство [2]. Однією з найважливіших складових зазначеної проблеми, є зниження впливу людського фактору.

Метою дослідження є виявлення ключових складових явища «людський фактор» та визначення ефективних шляхів зниження його негативного впливу на безпеку сучасного судноплавства.

Постановка задачі. Спочатку визначимо, що таке дисципліна в принципі та вплив її складових на безпеку судноплавства.

Дисципліна - це обов'язкове для всіх членів даного колективу підпорядкування певним регламентам, правилам, що встановлює порядок будь-якої діяльності. Дисципліна, як інструмент, є засобом, за допомогою якого досягається єдність дії всередині якоїсь спільноти (колективу). Вона виникла в процесі спільної трудової діяльності. Одним з найважливіших факторів дисципліни є свідоме підтримання її самим колективом, всіма членами суспільства в своїй повсякденній діяльності.

Дисципліна на судні полягає в строгому дотриманні всіма членами екіпажу порядку і правил, встановлених чинним законодавством держави прапора, керівними документами компанії, судновими інструкціями і наказами капітана. Дисциплінованість моряка передбачає глибокі знання і неодмінне виконання вимог законів, наказів, правил та інших нормативних документів, які вироблені багаторічним досвідом роботи в морі. Будь-яке навіть на перший погляд, незначне порушення правил, недбайливе ставлення до службових обов'язків, порушення встановленого порядку може стати причиною виникнення нестандартної, а часом і аварійної ситуації.

Дані аналізу подій і аварійності на флоті свідчать про тісний взаємозв'язок безпеки з дисциплінованістю та організованістю працівників морського транспорту і перш за все членів суднових екіпажів. Часто причинами технічних аварій є неуважне несення вахтової служби, нечітке приймання і передача вахт, порушення вимог нормативних документів, несвоєчасне і неякісне виконання операцій, пов'язаних з контролем технічного стану та виконання технічного обслуговування суднової техніки [3]. А прикладом цього може послужити випадок, який буде приведений мною нижче.

Як видно, дисципліна - це досить широке поняття, яке слід розділити на кілька складових і розглянути глибше ті, які більшою мірою впливають на безаварійну експлуатацію судна.

Дисципліну, як поняття, можна розділити на повсякденну, коли моряк перебуває в рамках кодексу поведінки (норми пристойності) на торгових суднах і трудову дисципліну, коли той же моряк обтяжений відповідальністю за виконання своїх службових обов'язків. Назвемо цей вид дисципліни дисципліною праці.

Дисципліна праці на судні включає в себе трудову, технологічну, виробничу і виконавчу дисципліну.

Трудова дисципліна ґрунтується на дотриманні встановленого розпорядку робочого дня, що регламентує режим роботи, початок і кінець робочого дня, змінність, час перерв на обід, відпочинок. Трудова дисципліна екіпажу нерозривно пов'язана з організацією служби на суднах, яка регламентується Статутом служби на суднах морського флоту. Цей документ визначає права, обов'язки і відповідальність членів екіпажу. Трудова дисципліна - певний порядок поведінки учасників колективного трудового процесу. Характер і методи її забезпечення визначаються типом виробничих (службових) відносин, регламентуються нормами права, встановленими КЗпП, Правилами внутрішнього трудового розпорядку, контрактами, іншими положеннями і нормативними актами, що регулюють основні умови праці та дисциплінарну або іншу відповідальність конкретних категорій працівників в даній галузі.

Під технологічною дисципліною розуміється точне дотримання технологічних карт на виконання конкретних видів робіт, режимів, послідовності і способів ведення робочих процесів.

Виробнича дисципліна передбачає чіткий розподіл виробничих завдань, дбайливе ставлення до обслуговуваного обладнання, апаратури, інструменту та інших матеріальних цінностей.

На кожному судні, в силу специфіки організації екіпажу, тобто наявності осіб командного складу та підлеглих, крім перерахованих вище видів дисципліни, має місце виконавська дисципліна.

Виконавська дисципліна - точне виконання екіпажем судна і кожним його членом наказів, рішень, розпоряджень, вказівок, прийнятих на вищому рівні управління. Виконавська дисципліна забезпечується високою якістю організації праці і контролем виконання, вихованням почуття відповідальності у кожного члена екіпажу за доручену справу. Вона залежить від багатьох умов: чіткої організації та нормування праці, зростання професійної кваліфікації екіпажу судна, технічної оснащеності робочих місць та ін. Вона, як правило, формується на чіткому розумінні політики компанії. На жаль, для підвищення рівня виконавської дисципліни, в більшій мірі, працює метод стягнень, тобто наскільки компанія вимоглива до своїх співробітників, настільки вони будуть старанні. Від послаблення контролю над станом дисципліни на судні і безкарності зворотна реакція не забариться.

На практиці, на жаль, навіть особи командного складу не блищать професіоналізмом і дисциплінованістю в принципі. Прикладом цього може послужити приклад аварійної ситуації яка сталася на Ro-Ro Cargo IMO: 9424871 AMANDINE в кінці листопада 2019 року [конфіденціальна інформація]. Капітан – румун, екіпаж – українці. Судно виходило з порту Zeebrugge (Бель-

гія) в напрямку Gioteburg (Швеція). Видимість – менше 1 милі (туман), швидкість судна близько 18 вузлів. Капітан судна маючи PEC (Pilot Exemption Certificate) вивів судно з порту, передав управління вахтовому помічнику і пішов з містка, хоча судно ще перебувало в лоцманської зоні. Через 10-20 хвилин після передачі, повністю знеструмлюється ходовий міст, всі навігаційні прилади гаснуть. Судно, на повному ходу, вмить втрачає управління, перебуваючи в зоні інтенсивного судноплавства та в безпосередній близькості від полів вітрогенераторів. Тільки завдяки високому професіоналізму помічника капітана вдалося уникнути катастрофи в сформованій ситуації. А причиною аварійної ситуації стало те, що старший механік, разом з недосвідченим електромеханіком, раптом (не прорахувавши ризиків, не попередивши про це вахтового помічника капітана, не порадившись, не запланувавши,а тільки тому, що їм просто раптом така думка прийшла в голову) вирішили замінити акумуляторні батареї (АКБ) аварійного живлення ходового містка. В результаті, після різких стрибків напруги, вийшов з ладу Track Pilot (інтегрований міст: Radars(X,S), ECDIS, авторулевой) і слот управління баластом судна. Таким чином, ці дві безвідповідальних особи поставили під загрозу життя десятків своїх колег і завдали серйозної шкоди технічному стану судна. Такі заходи по заміні АКБ необхідно було проводити планово, під час стоянки в порту. Але старший механік незважаючи на те, що він додатково, був офіцером з безпеки, під час стоянки, визнав можливим зійти на берег по особистих справах не отримуючи добро на схід. Наявності повне ігнорування заходів безпеки та відсутність дисциплінарної практики на даному судні.

Висновок. В даному випадку, підсумовуючи, можна зробити такий висновок, що в даній компанії на конкретному судні кульгає дисципліна у всіх її складових. Як же підвищувати дисциплінованість таких екіпажів? Можна звичайно «пряником», але як показує досвід, - «батогом» буде швидше і надійніше... Без дисципліни і належної організації служби на суднах, морський флот функціонувати не може. Першорядне значення для чіткої організації служби, виховання високої дисциплінованості членів суднових екіпажів має бути особистий приклад, високий професіоналізм, висока особиста відповідальність осіб командного складу суден і особиста зацікавленість членів екіпажів в результатах своєї праці [4]. Це в ідеалі ... Як на мій погляд, тут ключове слово – відповідальність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Розлуцький О.М. Вплив суб'єктивних факторів на безпечну експлуатацію суден / Матеріали науково-технічної конференції "Річковий та морський флот: експлуатація і ремонт " - Одеса: НУ "ОМА", 2019.
2. Постанова Кабінету Міністрів України № 1137 від 07 жовтня 2009 р.
3. Стадниченко С. М. Человеческий фактор на море : учебно-методическое пособие / С. М. Стадниченко - Одесса : Астропринт, 2003. - 192 с.
4. Торский В. Г. Управление судовыми экипажами / В. Г. Торский, В. П. Топалов. - Одесса : Астропринт, 2000. - 212 с.

УДК 341.225(045)

Крайнова В.І.
Національний університет «Одеська морська академія»

Особливості впровадження нових вимог до додатка 6 конвенції МАРПОЛ 73/78

Розробку та прийняття нормативно-правової бази для судноплавної галузі з подальшою їх імплементацією країнами, що мають морський торговий флот, здійснює Міжнародна морська організація (ІМО). Щорічно Міжнародною морською організацією розробляються нові вимоги та переглядаються існуючі. Набуття ними чинності відбувається тоді, коли виконуються умови щодо ратифікації цих документів або схвалення країнами-учасницями прийнятих поправок або по закінченню певного терміну, який дається країнам для того, щоб підготуватися до дотримання відповідних вимог, викладених в цих документах[4].

Питанням екологічної безпеки мореплавства в комплексі проблем сучасного морського транспорту приділяється підвищена увага. Найбільший збиток навколишньому середовищу завдається судновою енергетичною установкою, в результаті роботи якої утворюються такі шкідливі компоненти, як незгорілі вуглеводні, тверді частинки, оксиди азоту, парникові гази і, в окремих випадках, сполуки сірки. Рішення проблем скорочення викидів SOx вимагає специфічних рішень.

Сірка - природний елемент, присутній у всіх видах палива. Вона важлива для життя, але її присутність в атмосфері у вигляді оксидів сірки (SOx) може при високих концентраціях викликати цілий ряд серйозних проблем для здоров'я людини і безпеки навколишнього середовища.

З 1 січня 2020 року ІМО посилила норми, максимального вмісту сірки в морському паливі (бункерній мазуті) з 3,5% до 0,5%, що матиме позитивний вплив на навколишнє природне середовище та здоров'я людей всієї планети.

Набули чинності поправки до Додатка VI MARPOL - 73/78, прийняті 7 липня 2017 року Резолюцією МЕРС.286(71) «Поправки до Додатка VI до Конвенції МАРПОЛ (Призначення Балтійського та Північного морів в якості районів контролю викидів NOx по ярусу III) (Інформація, що включається в накладну на постачання бункерного палива)» [4].

З урахуванням того, що суднові енергетичні установки є основними споживачами високосірчастих важких палив - High-Sulphur Fuel Oil (HSFO), для регулювання викидів SOx ІМО в 2015 р були введені зони контролю - Sulpfur Emission Control Areas (SECA).

Зони SECA (Sulfur Emission Control Areas) були сформовані в 2010 році. У цих зонах, в які на сьогоднішній день входять акваторії Північного і Балтійського морів, протокуа Ла-Манш, Карибське море і 200-мильні зони США і Канади, введена заборона на використання високосірчаного палива. З 2015 року гранично допустима концентрація становить 0,1%. У перспективі може бути введено ще кілька зон по всьому світу: район Австралії, Середземне і Баренцове моря, узбережжі Норвегії.

Для суден, що працюють поза районів SECA з 1 січня 2020 року, IMO встановила межі вмісту сірки в паливі, що використовується на суднах- 0,50%. Це значно скоротить кількість оксидів сірки, що виділяються з суден, і має принести велику користь для здоров'я людей і навколишнього середовища, що живуть недалеко від портів і на узбережжі.

При цьому суднам, на енергетичних установках яких встановлені системи очищення відпрацьованих газів від сполук сірки, буде дозволено не припиняти використання HSFO.

Обмеження на рівні 0,10% м/м застосовується в чотирьох відведених зонах контролю викидів ECA: Балтійське море, Північне море, район Північної Америки (що включає прибережні райони біля берегів США і Канади) і район Карибського моря США (навколо Пуерто-Ріко і Віргінських островів США). На додаток до розглянутих зон контролю, посилення норм викидів SOx відбувається в таких зонах, як Панамський канал, Тайбей (Тайвань) та інших місцевих муніципалітетах по всьому світу.

Вибір способу відповідності новим вимогам IMO видається важкою організаційно-технічною проблемою, що вимагає всебічного аналізу досить великого числа факторів впливу.

Як альтернативний метод зниження викидів SOx може застосовується система очищення вихлопних газів з суднових установок спалювання рідкого палива, з урахуванням положень резолюції IMO MEPC.259 (68).

Суттєвою поправкою до регулювання є «Угода про заборону перевезення HSFO в паливній системі», за винятком суден, обладнаних скрубберами. Як і раніше дозволено перевозити HSFO як вантаж, однак забороняється мати HSFO в резервуарах паливних систем в разі, якщо не використовуються скруббери.

Установка скрубберів (SCR-технології) - пристрої нейтралізації шкідливих речовин вихлопних газів і систем виборчого каталітичного відновлення для очищення вихлопних газів від сірки і діоксиду азоту. Для суден деяких типів установка скрубберів вимагає додаткової перевірки остійності, для пасажирського флоту установка скруббера в принципі проблематична.

Широке оснащення суден скрубберами зажадає різкого збільшення обсягів додаткових тренінгів для екіпажів, обов'язкових відповідно до розробленого вимогою щодо огляду та видачу міжнародного свідоцтва про енергоефективність судна. Існують і альтернативні суднові установки, що забезпечують зниження викидів NOx і SOx, наприклад, установки з емульгаціонно-плівковим трубчастим абсорбером.

Допустимі норми вмісту сірки в судновому паливі визначаються Міжнародною Конвенцією по запобіганню забрудненню від судноплавства (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, MARPOL). Додаток 6 MARPOL визначає заходи щодо запобігання забруднення повітряного середовища, зокрема оксидами сірки, азоту, органічними сполуками.

Дослідження шведської компанії «SEB» показують, що на початок 2020 році, менше ніж 2000 суден з усього обсягу торгового флоту (близько 60 000 од.), мають встановлені системи «скрубберів».

Застосування HSFO як і раніше буде можливим і після 2020 г.,однак для відповідності нормам потрібно впровадження в конструкцію газовипускних трактів енергетичної установки пристроїв з технологією очищення відпрацьованих газів, широко відомих як скруббери SOx. Установка скрубберів не вимагає ніяких змін в конструкції двигунів енергетичної установки або систем паливопідготовки і подачі палива. Основні переваги і недоліки технології представлені в таблиці, більш детальна інформація про технології скрубберів SOx приведена нижче.

Таблиця 1 - Технологія скрубберів SOX

HSFO со скруббером	
Переваги	Недоліки
Може використовувати звичайний HSFO. Можливо переоснащення. Зменшує вміст твердих частинок, а також SOx. Привабливий бізнес-проект для певних типів суден.	Значні початкові інвестиції (2-10 млн дол.). 3-5% штрафу за паливо. Потрібно місце для установки скрубберної вежі і опорних систем. Можливі додаткові витрати на хімікати. Необхідна інтеграція в систему управління. Потрібно моніторинг

Використання технології скрубберів в складі суднових енергетичних установок набуло поширення з моменту впровадження зон SECA в Європі і в Північній Америці. Видалення викидів SOx з відпрацьованих газів до або нижче граничних значень викидів, передбачених в MEPC.259 (68), вважається повним еквівалентом вимог, зазначених у регламенті 4 дод. VI до MARPOL. Застосування скрубберів призводить до істотного збільшення робочого навантаження екіпажу, вимагаючи зусиль по експлуатації та технічного обслуговування і будучи в той же час вагомою альтернативою для використання малосірчистих палив. При цьому слід зазначити, що рішення по установці скруббера в основному обумовлені привабливими термінами окупності. Скруббери нейтралізують сірку в відпрацьованих газах абсорбентом, в якості якого можуть використовуватися різні поглиначі. Виходячи з цього технології нейтралізації зазвичай класифікуються як «мокрі» або «сухі» системи. «Мокрі» системи, що використовують морську воду в якості поглинача, відомі як скруббери з відкритим циклом (Open-Loop), на сьогоднішній день є найбільш затребуваною конструкцією. Більшість постачальників також пропонують замкнуті і гібридні системи з використанням каустичної соди або гідроксиду магнію в якості абсорбенту. «Сухі» системи використовують реагенти в сухій формі, наприклад, вапно. «Сухі» системи можуть складатися з нерухомого або псевдозрідженим шаром, що сприяє встановленню більш повного контакту між газоподібної і твердою фазами. У такій конструкції, можливо, буде потрібна додаткова установка фільтрів для видалення твердих твердих частинок з оброблених в скрубберi газів.

Скруббери повинні відповідати вимогам обмеження викидів шкідливих речовин як в атмосферу, так і зі скрубберною водою, яка бере участь в очищенні відпрацьованих газів. Керівництво ІМО для систем очищення вихлопних газів MEPC.259 (68) пропонують дві можливості для сертифікації систем.

Ринок пропонує величезну кількість газоочисників мокрої дії, тобто вони використовують забортну воду для очищення вихлопних газів. Такі скруббери поділяються за зовнішнім виглядом: з відкритим і замкнутим циклом, гібридні, вбудовані, прибудованого типу (U-type).

Скруббери з відкритим циклом

Системи з відкритим контуром (циклом). Дані системи є найбільш простими за конструкцією і дешевими в частині монтажу та експлуатації. Для нейтралізації сірки у відпрацьованих газах системи використовують природну лужність морської води. Ці системи можуть задовольняти вимогам споживання палива з вмістом сірки від 0,5 до 0,1% і використовуватися у всіх областях з достатньою лужністю морської води, за винятком випадків, коли існують обмеження на скид скрубберної води.

Деякі системи з відкритим контуром можуть включати в конструкцію обладнання для очищення води, що пройшла через скруббер, рисунок 1 . Переваги і недоліки конструкції скрубберу з відкритим циклом представлені у таблиці 2.

Таблиця 2 - Переваги і недоліки скрубберу з відкритим циклом

Скруббер з відкритим циклом	
Переваги	Недоліки
Простота конструкції (більш низька вартість). Використовує морську воду безпосередньо з моря, не потрібно ніяких небезпечних хімікатів.	Не допускається в деяких портах і зонах. Не підходить для солоноватої і прісної води. Для відповідності вимогам води по pH в США потрібен насос, що розбавляє воду

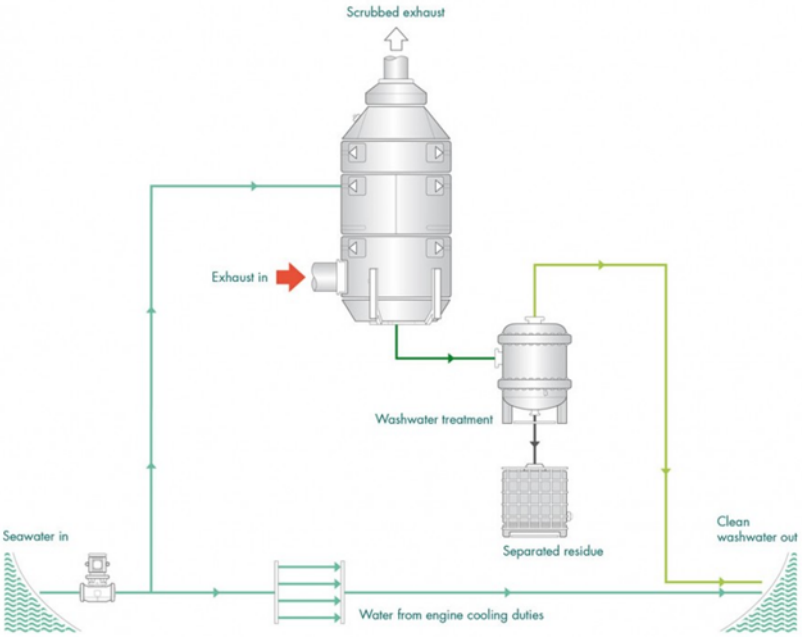


Рис. 1 Схема скрубберу відкритого циклу

Підходять суднам, які оперують у відкритих морях. Система бере воду з кінгстоного ящика і качає її через скруббер, очищаючи більшу частину сірки з вихлопних газів, а потім виливає воду за борт (в основному без забруднення для навколишнього середовища).

Скруббери із замкнутим циклом

Замкнені / гібридні системи. Система із замкнутим контуром, схема якої показана на рисунку, забезпечує можливість роботи скруббера в зонах з обмеженнями на випуск промивної води або з низькою лужністю морської води. У замкнутій системі технологічна вода циркулює з бака технологічної води через вежу і назад в резервуар. Технологічну воду охолоджують в теплообміннику для зменшення випаровування. Технічна вода судна додається в технологічну воду для компенсації випаровування промивної води, в той час як луг додається для підтримки лужності. Деяка частина технологічної води зливається і обробляється за допомогою центрифуг або хімікатів. Оброблена технологічна вода переноситься в накопичувальний резервуар і вивантажується, коли це дозволено, а осад переноситься в резервуар для осаду, рисунок 2. Деякі системи можуть працювати як з відкритого, так і по замкнутому циклу і називаються гібридними скрубберами, що забезпечує підвищену гнучкість при роботі в усіх областях незалежно від лужності морської води або правил, що обмежують використання скрубберів з відкритим циклом, опис переваг і недоліків гібридних і скрубберів з замкнутим циклом приведено в таблиці 3.

Таблиця 3 - Переваги і недоліки скрубберу із замкнутим циклом

Скруббер із замкнутим циклом	
Переваги	Недоліки
Підвищена гнучкість в експлуатації. Може працювати у всіх областях, незалежно від лужності або температури морської води.	Підвищена складність конструкції (більш високі витрати). Потрібна постійна подача лужного середовища (NaOH є небезпечним і вимагає спеціальної обробки).

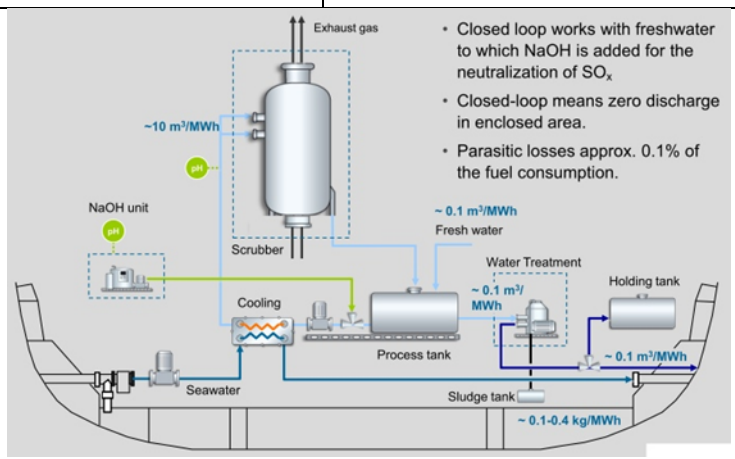


Рис. 2 Схема скрубберу замкнутого циклу

Підходить суднам, які плавають в районах ECA або часто заходить в порти. Робота цієї системи схожа, як і з відкритим циклом, тільки вода не йде за борт, а залишається на судні. Пізніше в потрібному порту одержуваний сладж здається.

Гібридна система

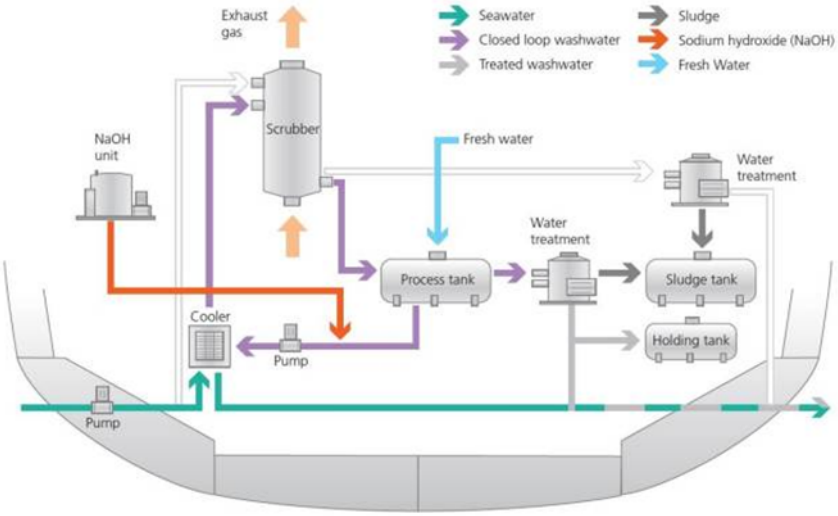


Рис. 3 Схема гібридного скрубберу

Деякі системи можуть працювати як з відкритого, так і по замкнутому циклу і називаються гібридними скрубберами, що забезпечує підвищену гнучкість при роботі в усіх областях незалежно від лужності морської води або правил, що обмежують використання скрубберів з відкритим циклом, рисунок 3.

Система подорожче, яка поєднує в собі відкритий і закритий цикл, що зручніше і економічніше, якщо дивитися в перспективне майбутнє.

Вбудовані

Встановлюється в головний двигун разом з трубою вихлопних газів. Часто використовується на пасажирських судах і контейнеровозах.

Використання газу в якості суднового палива.

Зріджений природний газ (Liquified Natural Gas - LNG) в якості палива. Застосування газового палива дозволяє: повністю виключити викиди сірки і твердих частинок, на 80% знизити викиди оксидів азоту, істотно (на 30%) скоротити викиди діоксиду вуглецю. Таке паливо відповідає екологічним стандартам, знижує знос двигуна. На сьогодні це єдиний вид палива з температурою спалаху менше 60 ° С, який дозволений до застосування на судах відповідно до міжнародної нормативної бази і правилами класифікаційних товариств. Основні складності повсюдного впровадження газу як суднового палива пов'язані з нерозвиненістю системи бункерування газом і з потребою у виділенні значних обсягів для розміщення паливних ємностей і додаткових установок, наприклад, кріогенних. В даний час природний газ на судах застосовується у вигляді зрідженого вуглеводневого газу, стисненого природного газу, зрідженого природного газу (СПГ). Найбільш перспективним для бункерування великих суден є СПГ. До суден, що вже використовують СПГ, відносяться пороми і офшорні суду, а також судна, що працюють в прибережних і внутрішніх акваторіях (в районах контролю викидів) на досить постійних і коротких маршрутах.

Висновки

Скорочення викидів SOx вимагає специфічних рішень, головними з яких є:

- перехід з високосірчаного мазуту (HSFO) на морський газойль (MGO) або дистиляти;

- використання палива з дуже низьким вмістом сірки або сумісних паливних сумішей (0,5% сірки);

- установка систем очищення відпрацьованих газів (скрубберов), що дозволяє працювати зі звичайним HSFO.

Вибір технології скорочення викидів сірковмісних продуктів на основі наявних альтернативних варіантів повинен здійснюватися на основі всебічного аналізу наступних факторів впливу:

- тип і розмір судна, його експлуатаційні характеристики;

- доступні види палива в різні терміни, а також складність енергетичної установки;

- інтенсивність і ефективність експлуатації та строк служби судна і ін.

ЛІТЕРАТУРА

1. Міжнародна Конвенція МАРПОЛ 73/78
2. Резолюція MEPC.286(71) «Поправки до Додатка VI до Конвенції МАРПОЛ (Призначення Балтійського і Північного морів в якості районів контролю викидів NOx по ярусу III) (Інформація, що включається в накладну на постачання бункерного палива)». Прийнята 7 липня 2017 р. Набула чинності 1 січня 2019 р.
3. Резолюція MEPC.274(69) «Поправки до Додатка IV (Особливий район Балтійського моря і форма Свідоцтва ISPP)». Прийнята 22 квітня 2016р. Набуде чинності 1 червня 2019 р.
4. Парменова Д.Г., Крайнова В.І. Нові вимоги міжнародних конвенцій ІМО та кодексів ІМО, що вступають в силу в 2019 році // Матеріали науково-технічної конференції «Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт», 21.03.2019 – 22.03.2019.– Одеса: НУ "ОМА", 2019. – С.302-309.
5. Resolution MEPC.259(68) (adopted on 15 May 2015) 2015 Guide-lines for exhaust gas cleaning systems. — 23 p.
6. Global Sulphur Cap 2020 — extended and updated [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https: // www.dnvgl.com/maritime/publications/global-sulphur-cap-2020.html
7. Guidance to Shipping Companies and Crews on Preparing for Compliance with the 2020 ‘Global Sulphur Cap’ for Ships’ Fuel Oil in Accordance with MARPOL Annex VI. — London: Marisec Publications, 2019. — 36 p.
8. Латухов С. В. Проблемы экологической безопасности судоходства: монография / С. В. Латухов [и др.]. — СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2015. — 160 с.

УДК 628.32.2

Удолатій В.Б.
Національний університет «Одеська морська академія»

Основні напрями обмеження викидів сірки судновими енергетичними установками

Індустрія морських перевезень є одним з найзначніших джерел забруднення довкілля і викидів вуглекислого газу на планеті. Більше 90% суден світового флоту обладнано дизельними двигунами. Основним типом бункерного палива для яких є мазут. Отримують його в результаті перегонки сирої нафти. Сира нафта містить сірку, яка після згорання в двигуні приводить до появи шкідливих викидів з суден.

Найбільша увага останнім часом була прикута до основного міжнародного інструменту, що регламентує викиди в атмосферу з суден, – до Додатку VI Міжнародної конвенції МАРПОЛ 73/78. Відповідно до цього документу, значно посилилися вимоги до обмежень шкідливих викидів з суден, у тому числі і оксидів сірки (SO_x), перш за все в призначених Районах контролю викидів SECA (SO_x Emission control areas). SECA, — це зони, де діють строгіші правила і вимоги по викидах при транспортуванні вантажів. Ліміт вмісту сірки в паливі для суден в зонах SECA складає на даний час 0,1%. Посилювання вимог за змістом емісій SO_x добре відображено на рис. 1 [1],[4]. Географія зон SECA нестримно розширюється. На даний час вона включає: Балтійське і Північне моря, у тому числі пролив Ла-Манш, а також Західне і Східне побережжя Північної Америки, Мексиканську затоку і Карибський басейн, що відносяться до США. У цих районах нові екологічні вимоги поетапно вводяться в дію у першу чергу.

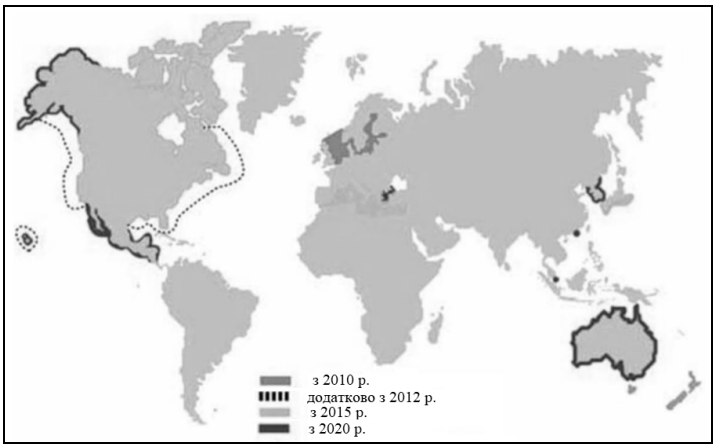


Рисунок 1 – Географічне розташування зон SECA

Крім того, слід зазначити, що у зону SECA може бути включений і будь-який інший морський район, включаючи портовий, призначений Міжнародною морською організацією (ІМО) відповідно до критеріїв і процедур, викладених у доповненні III до IV Додатка конвенції МАРПОЛ 73/78. У таблиці 1

надані вимоги до обмежень вмісту сірки в акваторії світового океану і зонах SECA, а також послідовність їх введення [4],[6].

Таблиця 1 – Динаміка зміни обмежень за змістом сірки у суднових бункерних паливах

Рік вступу обмежень в силу	Низькосірчані залишкові палива		Дистилятні палива	
	Зони SECA	Поза зонами SECA	Зони SECA	Поза зонами SECA
19 травня 2006	Не більш 1,5% Балтійське море	Не більш 4,5%		Не більш 1,5% (у портах і територіальних водах країн ЄС)
21 листопада 2007	Не більш 1,5% Балтійське море та Північне море			
1 січня 2008	Не більш 1%			Не більш 0,1% (у портах і територіальних водах країн ЄС)
1 січня 2010				
1 січня 2012		Не більш 3,5%		
1 січня 2015	Не більш 0,1%			
1 січня 2020		Не більш 0,5%		

З 1 січня 2020 року для всіх суден, які мають заходи у зонах SECA вміст SO_x у відпрацьованих газах не повинен перевищувати 0,1 г/(кВт·г).

Вміст SO_x у викидах, знаходиться в прямій залежності від вмісту сірки в паливі, і однією з основних напрямків його зниження є використання в дизелях низькосірчаних палив. У таблиці 2 наведена кількість шкідливих викидів при згоранні палива за досвідом середньооборотних морських дизельних двигунів, які були вироблені після 2010 р. [2].

Таблиця 2 – Кількість викидів при згоранні різних видів палива

Тип палива	SO_x, г/(кВт·г)	NO_x г/(кВт·г)	CO_2 г/(кВт·г)	Тверді частки
Мазут (3,5% сірки)	13,0	9–12	580–630	1,50
Морське дизельне паливо (0,5% сірки)	2,0	8–11	580–630	0,25–0,50
Очищене дизельне паливо (0,1% сірки)	0,4	8–11	580–630	0,15–0,25

З наведених даних видно, що при експлуатації суднових дизелів на традиційних паливах виконати вимоги конвенції не представляється можливим.

У ситуації, що склалася, судновласники, оператори суден та бункерні компанії сформували три основні напрямки вирішення даної проблеми:

– перехід на більш чистіше і дорожче паливо (дистиляти, у тому числі морський газойль);

– використання устаткування по очищенню суднових викидів (скрубери);

– використання зрідженого природного газу (ЗПГ).

Кожен з вказаних варіантів має недоліки. Серед основних недоліків переходу суден на морський газойль необхідно відзначити, що для частини торгівельного флоту це ускладнено унаслідок зношеності паливної суднової апаратури. Крім того, ціна на морський газойль має тенденцію до зростання, яка посилюватиметься із збільшенням попиту на цей вид палива.

Основними недоліками скруберів (пристрій, який використовується для очищення газоподібних середовищ від домішок в різних хіміко-технологічних процесах) є:

– великі розміри і вага пристрою, що дозволяє їх використовувати лише на великогабаритних суднах;

– висока вартість пристрою. Потрібні технічні рішення за системою сепарації і зниженню ваги пристрою.

Основними чинниками, що обмежують використання ЗПГ як моторного палива на суднах, є:

– відсутність берегової інфраструктури для постачання і зберігання ЗПГ;

– спроможність до роботи на газі головних двигунів і енергетичної установки;

– додаткова кубатура для зберігання бункера ЗПГ на судні;

– створення спеціальних газопаливних систем;

– необхідність перепідготовки працівників суден.

За оцінками класифікаційної спільноти Det Norske Veritas і Germanischer Lloyd (DNV GL), вжиток ЗПГ для світового бункерування до 2030 р. досягне 16,2 млрд м^3 [3] (рис. 2).

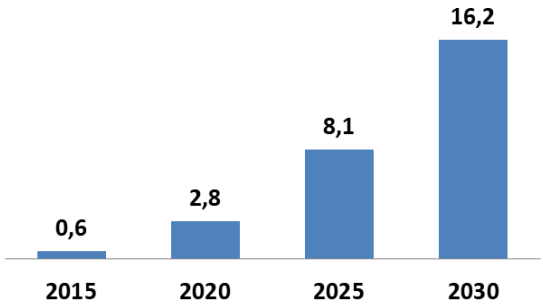


Рисунок 2 – Прогноз світового попиту на ЗПГ як бункерне паливо, млн. т. (DNV GL)

Як попередня перевірка відповідності суден регламенту передбачається моніторинг викидів SO_x за допомогою дистанційних датчиків [6].

Ці дії направлені на те, щоб ідентифікувати судна, які мають бути подальше інспектовані службою державного контролю порту, — Port State Control (PSC). Необхідно відзначити, що такий моніторинг не здатний замінити борто-

вий відбір проб палива, оскільки служби PSC юридично зобов'язані покладатися лише на аналіз фізичних зразків палива.

Висновки

1. Нові вимоги ІМО набрали чинності з 1 січня 2020 р. і діють у всіх міжнародних водах, торкаючи інтереси судновласників більше 70 тис. суден.
2. Вимоги до обмежень вмісту сірки у паливі, що використовується до 0,5 % у міжнародних водах є доповненням до обмежень, що діють, в 0,1 % у північноамериканських і американських районах Карибського басейну, Північного і Балтійського морів і інших районах SECA.
3. Скорочення викидів SO_x вимагає специфічних рішень, головними з яких є:

– перехід з високосірчаного мазуту на морський газойль або дистиляти;

– використання палива з дуже низьким вмістом сірки або сумісних паливних сумішей (0,5 % сірки);

– дообладнання суден для використання альтернативних видів палива, таких як ЗПГ або інші види, що не містять сірки;

– встановлення устаткування для очищення відпрацьованих газів (скруберів), що дозволяє працювати із звичайним високосірчаним мазутом.

4. Результатом ІМО 2020 будуть негативні економічні наслідки як для перевізників, так і для вантажовідправників, але екологічні наслідки стануть позитивним чинником. Прогнозується, що ІМО 2020 скоротить загальні викиди оксиду сірки на 85%.

СПИСОК ВИКОРИСТАННОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гришкин В.В. Современные требования к судам в части минимизации воздействия на окружающую среду / В. В. Гришкин М.В. // Сборник докладов VI международный форум ЭКОЛОГИЯ, 26–27 февраля 2015, СПб. – С. 17–25.

2. Тимофеев О.Я. Особенности внедрения новых требований к экологической безопасности судов и морских установок в северных морях и на арктическом шельфе / О.Я. Тимофеев, Н.А. Вальдман, М.И. Крыжевич // Арктика: экология и экономика. – 2014. – № 3. – С. 79–85.

3 Пронин Е.Н. Использование сжиженного природного газа на водном транспорте. [Электронный ресурс] / Электронные данные. – Режим доступа: http://gazpronin.ru/LNG_Bunkering_Rview_2016.05.04.pdf.

4. Sulphur 2020 — cutting sulphur oxide emissions [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http:// www.imo.org/en/mediacentre/hottopics/pages/sulphur-2020.aspx.

5. Guidance to Shipping Companies and Crews on Preparing for Compliance with the 2020 ‘Global Sulphur Cap’ for Ships’ Fuel Oil in Accordance with MARPOL Annex VI. — London: Marisec Publications, 2019.

6. ISO statement on ISO 8217 and IMO 2020 0,50 % Sulphur fuels [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://shipandbunker.com/news/world/482202-iso-statement-on-iso-8217-and-imo-2020-0,50-sulphur-fuels.

УДК 656.61.050.4(042.3)

Даниленко Д.В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Вплив людського фактору на причини аварій в море

Підсумки розслідування аварійних подій на море показують, що їх основною причиною є помилки, яких припускаються екіпажами при управлінні суднами, а також упущення берегових організацій, зайнятих в обслуговуванні флоту, тобто негативні впливу людського фактору.

Існуючий термін "форс - мажор" або дії непереборних сил, як правило, зводиться до мінімуму. Штормові погодні умови можуть бути прогнозовані і враховані при складанні маршруту переходу. Враховується льодова обстановка. Плавання в тумані піддається обліку та може бути скориговано. "Форс-мажором» хіба що можна назвати підводне виверження вулкана, або, що зовсім малоймовірно, падіння метеорита. У чинному „національному документі "Положення про порядок класифікації, розслідування та обліку аварійних випадків з суднами" (ПРАС-90) у додатку 1 наводиться класифікаційна таблиця аварійних випадків. У п. 3 виділені причини аварійних випадків — "без вини екіпажу". Однак, посилання на відсутність вини (більш правильно — причетності) екіпажу не говорить, що тут не присутній людський фактор, а саме: погане навігаційне-гідрографічне забезпечення, конструктивні недоліки судна, неякісний ремонт, неправильна політика судноплавної компанії щодо безпеки, недостатній контроль з боку класифікаційних товариств. Система МКУБ, впроваджувана в даний час, ставить своєю метою розподілити відповідальність за контролем безпеки судноплавства між судновласником і судновим персоналом.

Найважливішим документом, пов'язаним з розслідуванням аварій, є Резолюція ІМО А. 849(20) — "Кодексу з розслідування морських аварій та інцидентів". Згідно з Кодексом всі аварійні події класифікуються як "дуже серйозні аварії, серйозні аварії і морські інциденти".

Не менш важливим документом є Резолюція ІМО А. 884(21) — "Доповнення до Кодексу з розслідування морських аварій та інцидентів". У цьому документі відображено роль людського фактору і висвітлено цілий ряд питань щодо поведінки особистості у фізичному, фізіологічному, психологічному і психосоціальному аспектах та обмеження людини-оператора на судні.

Ще за шість років до появи Резолюції ІМО (21) була прийнята Резолюція А. 772(18) — "Фактори втоми при укомплектування суден екіпажами". У документі всі фактори втоми розподіляються пов'язаних між собою груп:

ц) залежать від управління на березі на судне, програмного забезпечення;

о) залежать від технічного устаткування на судні, ступеня автоматизації, умов життя і роботи;

в) фактори, що відносяться до екіпажу, залежать від підготовки, компетенції, консолідації колективу;

г) залежать від впливу навколишнього середовища.

У Резолюції А. 884 наводиться схема, яку склав Hawkins, має абревіатуру SHEL (software — програмне забезпечення, hardware —технічне забезпечення, environment -- навколишнє середовище, liveware — людина). В центрі схеми знаходиться людина (капітан), він пов'язаний з програмним забезпеченням, з технічним забезпеченням, з навколишнім середовищем, а також з колективом.

З 12.09.97 набула чинності циркулярний лист IMO MSC/circ/827 — доповіді про аварії та інциденти на морі. Повідомлення IMO підлягають дуже серйозні аварії, про морських інциденти повідомляється, якщо є важливі уроки на майбутнє. У додатку 2 даного циркуляра пункти 8-10 повністю стосуються всіх аспектів людської особистості, технічного і програмного забезпечення, впливу навколишнього середовища, а також ступеня допускаються оператором помилок.

Хотілося б звернути увагу на встановлення типу та характеру порушення. Їх можна поділити на навмисні та ненавмисні дії.

Ненавмисні дії, в свою чергу, включають дві категорії: slip

— помилка, невірний крок, промах — пов'язані головним чином з неуважністю, lapse — упущення, зазвичай пов'язане з забудькуватістю.

Навмисні дії також поділяються на дві категорії: mistake —помилка, яка виникає через нерозуміння правил, інструкцій або незнання, violation — порушення, яке вчиняється умисно, всупереч існуючим планом, інструкціями, правилами і є самим важким типом помилки. Зрозуміло, не можна всі вищеперелічені градації розкласти по своїх нішах. Наприклад, якщо штурман при коректурі карти по неуважності забув відзначити факт перенесення буя на інше місце або не зазначив будь-яку мілину, судно може або торкнутися ґрунту, або зайти в заборонений для плавання район. Тому градація за типом помилок згідно Кодексу не може бути однозначною. Якщо враховувати психофізіологічні особливості характеру оператора (судноводія, механіка, і ін), то часто ці особливості можуть стати причиною помилок, які викликали дії, що призвели до аварійної ситуації. Це — самовпевненість, недбалість, відсутність почуття відповідальності або обережності. Серйозним навмисним порушенням є комерційні вимоги, які супроводжували торгового мореплавання з незапам'ятних часів. На початку XX століття комерційні вимоги сприяли загибелі «Титаніка». У січні 2001 року в результаті перевантаження судна, в Чорному морі потонув т/х "Пам'ять Меркурія", загибель якого забрала 20 людських життів. Капітан судна був ознайомлений з інформацією про остійності /і непотоплюваності, в ній вказувалося, що максимальна кількість вантажу має бути не більше 200 т, у тому числі не більше 25 т на палубу. Однак на судно було занурене 324 т, у тому числі 234 т на палубу. Маючи на борту радіообладнання, яке регламентувало дотримання не далі 20-25 миль від берега, капітан здійснював маршрут через центральну частину моря зі Стамбула в Євпаторію. Отже, капітан знав, що діє всупереч плану та інструкцій, але він порушив їх, виконуючи комерційні вимоги судновласника та оператора. Хотілося б зауважити, що сьогодні правове поле України недостатньо забезпечує захист капітана від диктату господаря щодо комерційних вимог. У конвенції СОЛАС глава IX (МКУБ), Резолюції А. 74Ц18) п. 3.2 розглядаються питання забезпечення відповідальності

за безпеку мореплавства та охорону навколишнього середовища. П. 4 вимагає наявності в компанії відповідального за забезпечення безпеки особи. В резолюції ІМО А. 847(20) "Керівництво з надання допомоги державам прапора в здійсненні документів ІМО" в Додаванні п. 7.2 йдеться про покарання власника, який спонукає капітана порушувати будь-якого положення.

Говорячи про особливості людини, як оператора, діючого на судні, необхідно враховувати риси його характеру і використовувати це з максимально можливою користю. У 1997 році Nautical Institute (Морський Інститут) видав керівництво, яке написав капітан Tallock, "Commercial management for shipmasters" ("Комерційне керівництво для капітанів суден"). Тут докладно розбираються фізіологічні та психологічні особливості особистості. Модель ділить весь судновий персонал на два типи:

екстраверти — психологічний склад цих особистостей спрямований, головним чином, на зовнішній світ, зовнішні предмети;

інтроверти — їх психологічний склад зосереджується на своєму внутрішньому світі, на собі.

У свою чергу, перший тип ділиться на дві категорії, умовно їх можна назвати "thinkers" — "мислячі" і "sensors" — "чувственники". Наприклад, "мислячі" дуже сильні в аналізі, проектуванні, яке базується на раціоналізмі і логіці. Разом з тим вони слабкі у впровадженні рішень. "Чувственники", навпаки, погано планують, але зате енергійні при виконанні задумів і сильні в практичній роботі.

Другий тип — інтроверти (інтроспективні особистості), також поділяються на дві категорії. Це "intuitors" — "інтуїтивісти", і "feelers" — "распознаватели". "Інтуїтивісти" спираються на знання і досвід, сильні в загальному огляді, однак втрачають деталі. Їм властиві передчуття і підозрілість. Володіють абстрактним мисленням. "Распознаватели" мають емоційний склад, добре вникають у деталі, дрібниці, сутності, але часом не помічають загальних фактів. Приділяють увагу конкретики.

Згідно моделі, яку застосовує Карл Юнг, особистості діляться в залежності від підходу до роботи на чотири типи:

особистість аналітичного складу (відповідає на питання "як?");

особистість оператора (відповідає на питання типу "що?");

особистість доброзичливого типу (відповідає на питання "чому?");

експресивна особу (відповідає на питання "хто?").

У реальному житті людські характери не завжди можливо віднести до однієї з вищеперелічених категорій. Крім того, один і той ж людина в різних ситуаціях проявляє себе по - різному. Основна мета градації — вірно розпізнати характер особистості для якісного консолідування суднового екіпажу.

Хотілося б зупинитися ще на одному аспекті. Дуже часто командний персонал судів у прийнятті будь-якої відповідальних рішень стикається з фактором дефіциту часу. У більшості випадків при виникненні проблеми існує рівна залежність між складністю завдання, динамічністю наростання і невизначеністю рішення. Цей же принцип зберігається, тільки в зворотному порядку, при

зменшенні складності ситуації. Тому, цікаво знати про види рішень, що приймаються для розрядки ситуації:

1) стереотипні рішення (засновані на рекомендаціях в нормативних документах і включають перелік різних процедур),

2) альтернативні рішення (використання різних варіантів і альтернативних схем),

3)евристичні рішення (хоча цей вид рішення являє раптове "осяяння" у свідомості, підґрунтям його є накопичені знання і досвід), випадкові рішення (також можуть мати місце, виходячи з апріорного досвіду).

Наведені приклади аварій досить ясно ілюструють вплив людського фактору на їх причини.

26.11.99 катамаран "MS Sleipner", прапор Норвегії, в Північному морі, в рейсі з Бергена в Ставангер, вискочив на рифи з повного ходу (35 вузлів). В результаті аварії було зруйновано понад 60% днища. З 85 осіб (9 членів екіпажу, решта — пасажири) загинуло 16. Причиною даного випадку є некваліфіковане управління швидкохідним засобом, погане спостереження за навколишньою обстановкою, перевищення швидкості в осінньо-зимовий період часу.

17.01.2000 у Каркінітській затоці Чорного моря в штормових умовах переламався т/х "Славутич-16". Крім неправильного маневрування, яке здійснював капітан судна, відзначено ряд інших причин аварії. Варто було б задатися питанням — чому судно у віці дев'яти років експлуатувалося з цементними ящиками в днищевої частини набору (перелом стався в районі цих ящиків). При докованні підводного судна не було зроблено відповідне підкріплення набору днищевих секцій. Контроль класифікаційного товариства, а також судновласника за станом корпусу був недостатній. Під впливом 20 хвилинного несприятливого хвилювання сталася аварія.

3. 02.02.2000 в районі Російського узбережжя Кавказу, в штормових умовах, зазнав аварію корабля (переломився на дві частини і затонув) т/х "Тіксі", прапор Камбоджі, багамський судновласник, український оператор, екіпаж — громадяни України. Під час аварії загинув один член екіпажу. Капітан судна прийняв невірне рішення — слідувати призначенням без всебічного аналізу прогнозу погоди і врахування рекомендацій лоції Чорного моря. За два з половиною місяці до аварії на судні був зроблений ремонт на Херсонському СРЗ. Згідно з висновком капітана порту Новоросійськ, побічно причетним до події з'явився судновласник, а також представники класифікаційного товариства, контролювали ремонт.

4. 14.03.01 т/х "Алькор". При навантаженні контейнерів біля терміналу Херсонського СРЗ відбулося різке накренення судна (до 30°) з подальшим падінням за борт 22 контейнерів. Як з'ясувалося під час розслідування, персонал терміналу порушив технологічний режим завантаження контейнерів, не здійснив розрахунки вантажного плану, не контролював вагу контейнерів. Судноводійний склад судна також допустив цілий ряд порушень: розрахунок остійності виконаний неправильно, не проведена баластування танків подвійного дна, був відсутній контроль ваги контейнерів і спостереження за швартовими кінцями.

Наведені приклади наочно показують, що погодні умови є далеко не основною причиною виникнення аварійної ситуації. Вирішальними є помилки і упущення в діяльності суднового та берегового персоналу. Впровадження вимог МКУБ, налагодження більш тісної зв'язки "берег-судно", підвищення рівня компетенції суднового та берегового персоналу, комплектація екіпажів з урахуванням психофізіологічних властивостей кожної особистості допоможуть значно зменшити негативний вплив людського фактору на безпеку мореплавства.

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ ТА ІНШОМОВНА ПІДГОТОВКА СУДНОВИХ ІНЖЕНЕРІВ

УДК 378.147.091.33:378.4:[656.61(477.74)]НУ«ОМА»

Корх М.В., Кулаков М.О.
Національний університет «Одеська морська академія»

Інноваційний метод викладання дисциплін у морському навчальному закладі

Найважливіша мета сучасної морської професійної освіти - дати майбутньому фахівцю морського флоту не тільки певний комплекс знань і навичок, а й установку на самоосвіту і розвиток, безперервне розширення і поглиблення знань і умінь. Такий підхід до підготовки майбутніх професіоналів, здатних до самоформування розвиненої особистості з необхідними професійними якостями, можливий при розумному поєднанні традиційних та інноваційних методів навчання [1]. Це вимагає від майбутніх інженерів морського флоту активізації їх інтелектуального потенціалу, прояву ініціативи, професійної компетентності, комунікабельності, творчого і відповідального ставлення до вирішення сучасних проблем.

Необхідність застосування нових інформаційних технологій в навчальному процесі пов'язана з тим, що за допомогою традиційних методів викладання вже неможливо підготувати сучасних високопрофесійних фахівців. До того ж комп'ютерні технології навчання сприяють підвищенню інтересу молоді до інженерної праці та творчості. Все це вимагає нових методів і способів навчання фахівців сучасним прийомам інженерної праці, а висока конкурентоспроможність інженерних кадрів в ринкових умовах можлива при кваліфікованій підготовці та вільному спілкуванні з комп'ютером.

Освітній процес набуває масу достоїнств при використанні електронного курсу вивчення навчальної дисципліни, що дозволяє організувати єдиний освітній простір для курсантів (студентів) і педагога, з повним набором сучасних інструментів навчання, і може використовуватися, як безпосередньо під час аудиторних занять, так і при самостійній роботі дистанційно через Інтернет.

Електронний навчальний курс - це тематично завершений, структурований автором навчальний матеріал, який через Інтернет або на електронних носіях поставляється тим, хто навчається.

Електронний навчальний курс призначений, як правило, для самостійного навчання, але, на відміну від підручника або документа, забезпечує:

- потужні ілюстративні можливості - використання картинок, анімації та мультимедійних матеріалів (відео та аудіо роликів, Flash-роликів і т.п.);
- інтерактивність - уявлення навчального матеріалу може змінюватися в залежності від дій студента;
- різні варіанти контролю і оцінки отриманих знань (тести, вправи).

Власний досвід навчання в електронному курсі «Нарисна геометрія та інженерна графіка», розробленому на каналі YouTube [3] показав, на скільки в ньому багато сильних сторін.

На даний момент в авторський канал на YouTube поміщено шістнадцять відео різного змісту, кількість підписників - триста сорок чоловік, переглядів - близько чотирнадцяти тисяч. Відео згруповано по плейлистам, що дозволяє курсантам (студентам) швидко знаходити необхідну інформацію. На каналі є наступні плейлисти: лекції з нарисної геометрії, лекції з інженерної графіки, нарисна геометрія з прикладами розв'язання задач для підготовки до іспитів. Розміщені в електронному вигляді методичний посібник з нарисної геометрії та методичні вказівки для виконання розрахунково-графічних робіт із завданнями з нарисної геометрії та інженерної графіки. Проведене в навчальних групах анкетування показало, що більшість курсантів (студентів) вважають, що саме електронний курс нарисної геометрії та інженерної графіки допомагає освоїти дисципліну найбільш ефективно.

Основними перевагами є:

1. Доступність - у 99% курсантів (студентів), що навчаються, є доступ в Інтернет, а значить в будь-якому місці (в автобусі, вдома, під час плавальної практики і т.п.) курсант (студент) може вивчити навчальний матеріал.

Приклад 1: якщо курсант (студент) не зміг прийти з поважних причин на лекцію, йому потрібно зрозуміти досліджувану тему для виконання завдання, і за допомогою електронного курсу він може засвоїти лекцію і приступити до виконання роботи.

Приклад 2: на лекції, де викладач говорив дуже швидко або було не чутно, курсант (студент) погано засвоїв матеріал, що вивчається, який стане в нагоді не тільки на іспиті, але і для виконання робіт, а отже, він не зможе виконати роботу, не розібравшись в матеріалі. У цій проблемі як раз-таки і допоможе електронний курс. Курсант в будь-який час, в будь-якому місці може зайти і прочитати не зрозумілу йому тему і з легкістю виконати завдання.

2. Зрозумілість - 98% курсантів (студентів), які навчаються в електронному курсі нарисної геометрії та інженерної графіки, вважають, що дуже зрозуміло написані лекції.

3. При виконанні індивідуальних домашніх завдань, в електронному курсі курсант (студент) вивчає і бачить вимоги, що пред'являються для виконання графічних робіт.

4. Електронний курс являється ідеальною підмогою для студентів заочного навчання, в рейсі на своєму робочому місці вони можуть прослухати курс лекцій в повному обсязі, розглянути приклади завдань і виконати роботу згідно свого варіанту. Студент на 95% готовий до здачі іспиту, коли виходить на сесію.

Так само перевагами електронного курсу курсанти (студенти) вважають:

- нові форми подання інформації (які включають не тільки текст, а й графічні зображення, анімацію, звук і відео фрагменти);
- значно більший обсяг корисної інформації;
- швидкий, простий і наочний пошук потрібної інформації.

Також 90% студентів, що навчаються в електронному курсі, вважають це сучасним, цікавим підходом до навчання.

Розглянутий у статі відео курс за напрямом «Нарисна геометрія та інженерна графіка» є не єдиним прикладом, наявним сьогодні у навчальному процесі НУ «ОМА». Так, на факультеті морських перевезень та технологій кафедри Управління судном, викладачем розроблено електронний курс на каналі YouTube з дисципліни «Попередження зіткнення суден та використання радіолокаційних станцій і засобів автоматизованої радіолокаційної прокладки» [4]. Враховуючи вагомість матеріалів даного курсу, представлені правила плавання суден на морі є дуже корисними не тільки для курсантів (студентів), але й для усіх чинних судноводіїв.

Більшість вищих навчальних закладів на сьогоднішній день має свої сервери, на яких розміщують різні інформаційні та навчальні матеріали. Наявність навчального матеріалу на сервері вузу стає особливо актуальним при розвитку дистанційних форм навчання, що особливо важливо для студентів, які перебувають на плавальній практиці. Так як сучасний світ пронизаний потоками інформації, а студент, який не вміє систематизувати і витягувати потрібну інформацію, може не з орієнтуватися в Інтернеті. Що абсолютно неможливо при використанні електронно-освітніх ресурсів, створених і розташованих на власних серверах - це один з істотних плюсів.

Так і на сайті Національного університету «Одеська морська академія» є свій електронний сервер, на якому розміщуються всі навчальні програми дисциплін, методичні роботи викладачів, методичні вказівки як до аудиторних занять, так і самостійної роботи курсантів, що дозволяє підвищити ефективність навчального процесу і випустити добре підготовлених фахівців. Але електронна освіта не повинна повністю витіснити традиційне викладання матеріалу. Ці два елементи повинні взаємно доповнювати один одного, що буде сприяти підвищенню ефективності морської освіти в цілому.

Впровадження сучасних інноваційних методів навчання підвищує ефективність навчального процесу та виховної роботи, сприяє виробленню необхідних компетентностей у курсантів – майбутніх інженерів морського флоту для успішного вирішення ними професійних задач.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Борисенко И.Г., Петровская Н.М. Информационные технологии в преподавании графических дисциплин при формировании профессиональных компетентностей // Вестник ВСГУТУ. - 2012. - № 1 (39). - С. 38-42.

2. Корх М.В., Кулаков М.О. Комп'ютерні презентації як засіб підвищення ефективності викладання технічних дисциплін у вищому навчальному закладі. *Матеріали чотирнадцятої міжнародної науково-практичної конференції. Актуальні дослідження в соціальній сфері*. Одеса – 2019. - С.126-128.

3. Корх М.В. Видео уроки по курсу «Начертательная геометрия и инженерная графика» [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https: // www.youtube.com/channel/UCygyS9HOHkcVX3gwT7pTS9A.

4. Кулаков М.О. Видео уроки по курсу «Предупреждение столкновения судов и использование радиолокационных станций и средств автоматизированной радиолокационной прокладки» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https: // www.youtube.com/ channel/ UCjfkwhg4ynQXhi8ek5JvEYw.

УДК 621.12

Батынский А.И.
Національний університет «Одеська морська академія»

IT технологии и автоматизация морской индустрии

В течение более чем 200 лет морская отрасль является свидетелем внедрения новых технологий, таких как переход от паруса к паровым двигателям, от них к дизельным, от угля к нефти, от нефти к топливу с низким выбросом парниковых газов. Параллельно шло развитие навигационных технологий, появились радары и электронно-картографические навигационно-информационные системы.

Судоходство автоматизируется также, как и другие отрасли транспорта. Тем не менее производители в морской отрасли стремятся к дальнейшей автоматизации и переходу к цифровым технологиям на судах.

Системы автоматизации на судах позволяют различным и географически разрозненным компонентам соединиться и взаимодействовать в автоматическом режиме, так что оборудованием и системами можно управлять дистанционно. Однако, благодаря растущей конкуренции между компаниями – производителями электроники, а также растущему спросу на надежные системы, затраты на оборудование снизились, и судовладельцы могут интегрировать свое судно в одну систему. Большинство функций по управлению судовым оборудованием может выполняться дистанционно с помощью одной или более консолей.

В современной морской индустрии IT-технологии имеют широкое применение, причем их роль и значение постоянно повышаются. Точнее, можно сказать, что они представляют собой единый поток инноваций в морской отрасли [2]. Хотя и существует целый ряд преимуществ IT-технологий, однако попрежнему имеют место проблемы в их реализации, к которым относятся в частности: кибербезопасность, безопасность, связанная с отсутствием или сниженной численностью экипажа на борту. Также беспокойство вызывает потенциальная утрата морских профессий в развивающихся странах из-за повышения требований к уорвню профессиональной подготовки моряков. Это особенно актуально для стран, отстающих в экономическом и техническом отношениях [2]. Тем не менее, в долгосрочной перспективе влияние IT-технологий на все сферы эксплуатации морского транспорта совершенно очевидно. Таким образом, речь может идти лишь о поиске таких решений и путей развития, которые смягчили бы болезни роста, ни в коей мере не препятствуя достижению высоких темпов внедрения IT-технологий в морскую индустрию.

Автоматизация и применение цифровых технологий в судоходной отрасли развивались эволюционным путем, и отрасль осознала опасность потенциального воздействия, проведя тщательное международное регламентационное целевое исследование, прежде чем могут наступить необратимые последствия. В 2017 году Международная морская организация (ИМО) утвердила «Регламентационное целевое исследование по морским надводным автономным судам (MACC)» на 98-м заседании Комитета по безопасности на море и учредила Рабочую группу. На данный момент организация согласовала определение степеней автономности судов: 1) суда с автоматизированными процессами и поддержкой принятия решений; 2) суда с дистанционным управлением с моряками на борту; 3) суда с дистанционным управлением без моряков на борту; 4) полностью автоматизированные суда без экипажей.

С другой стороны, все задачи, решаемые экипажем при несении вахты, а также физические и умственные нагрузки моряков на борту, связанные с характером корабельной среды, являются главными причинами усталости моряков[1]. Таким образом, улучшение условий труда и жизни экипажа в море может стать важным элементом обеспечения безопасности судовождения. Поэтому производители развивают автоматизацию на судах с целью снижения физических и умственных нагрузок на моряков и повышения производительности их труда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волынчиков И.Б. Перспективы роботизации в морском судоходстве // Молодой ученый.-2018. -№7,-С.29-33.

2. «Обзор морского транспорта – 2018 год» (Конференция ООН по торговле и развитию, ЮНКТАД).

УДК 519.688

Удолатій В.Б.
Національний університет «Одеська морська академія»

Використання PDE Toolbox MATLAB для обчислювання геометричних характеристик конструктивних елементів

При вивченні багатьох технічних дисциплін («Прикладної механіки», «Опору матеріалів», «Деталей машин і механізмів» і ін.) доводиться стикатися з визначенням геометричних характеристик поперечного перетину різних конструктивних елементів (в основному бруса) [1]. Поперечний перетин бруса є плоскою фігурою (часто досить складного контуру). При цьому необхідно вміти обчислювати наступні геометричні характеристики (рис. 1):

$A = \int_A dA$ - площа фігури;

$S_{z_1} = \int_A y_1 dA$; $S_{y_1} = \int_A z_1 dA$ - статичні моменти;

$J_{z_1} = \int_A y_1^2 dA$; $J_{y_1} = \int_A z_1^2 dA$; $J_{z_1 y_1} = \int_A y_1 z_1 dA$ - осьові і відцентровий моменти інерції відносно довільних взаємно перпендикулярних осей z_1, y_1, які лежать в площині фігури [2].

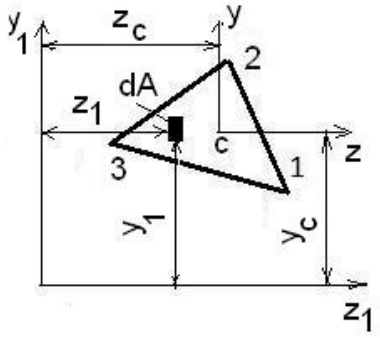


Рис. 1. Осі координат трикутного кінцевого елементу (КЕ)

Розширення Matlab PDE (Partial Differential Equation) Toolbox призначене для інтеграції диференціальних рівнянь в приватних похідних з використанням залежностей методу кінцевих елементів (МКЕ). При цьому деякі функції PDE можуть бути використані для вирішення інших завдань – наприклад, визначення геометричних характеристик плоскої фігури складного контуру [3]. Область рішення (плоску фігуру) в PDE можна сформувати з простих областей (геометричних примітивів) – багатокутника, прямокутника, еліпса і логічних операцій *(і), +(або), – (і ні) [4]. Примітиви задаються у вигляді матриці **gd**, число стовпців якої дорівнює числу примітивів (кожен стовпець містить інформацію по одному примітиву і позначається, символами), наприклад, **p** (polygon), **r** (rectangle), **e** (ellipse). Щоб сформувати із заданих примітивів область, потрібно задати в програмі відповідну формулу.

У роботі буде створена область у вигляді рівнополичного куткового профілю 100x100x10 ГОСТ 8509-86 (рис. 2). Для цього розглянуто 8 примітивів – п'ять прямокутників і три кола. В цьому випадку матриця **gd** має 8 стовпців – **ns='r1r2r3e1r4e2r5e3'**, а формула має структуру s**f ='(r1 – (r2-r3+e1) – (r4+e2) – r5+e3)'**. Формування області виконується командою **[dl,bt]=decsg(gd,sf,ns)**.

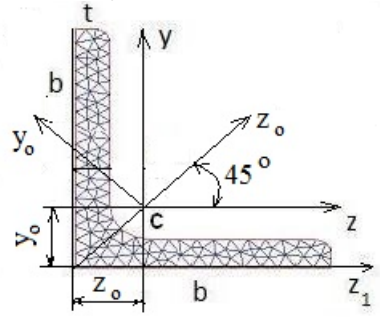


Рис. 2. Трикутна сітка рівнополичного куткового профілю

Масив **dl** містить розкладену матрицю геометрії області. У масиві **bt** міститься булева таблиця відповідності примітивів побудованої області [5]. Видалення внутрішніх границь здійснюється командою **[d1l,bt]=csgdel[dl,bt]**.

Лістинг 1. Формування і тріангуляція області розв'язання

```
1. gd =[2;4;0;10;10;0; 0;0;10;10]; % перший багатокутник (a)
2. gd =[gd[2;4;1;10;10;1; 1;1;10;10]]; % другий багатокутник(b)
3. gd =[gd[2;4; 1;2.2;2.2;1; 1;1;2.2;2.2]]; % центральний багатокутник(c)
4. gd =[gd[1; 2.2;2.2;1.2; 0;0;0;0;0;0]]; % центральне коло (d)
5. gd =[gd[2;4; 0.6;1;1;0.6; 9.6;9.6;10;10]]; % верхній багатокутник (e)
6. gd =[gd[1; 0.6;9.6;0.4;0;0;0;0;0;0]]; % верхнє коло (f)
7. gd =[gd[2;4; 9.6;10;10;9.6; 0.6;0.6;1;1]]; % нижній багатокутник(g)
8. gd =[gd[1; 9.6;0.6;0.4;0;0;0;0;0;0]]; % нижнє коло (i)
9. ns =''abcdefgi'' %строка відповідності стовпців
10. fs =''(a-(b-c+d)-e+f)-g+i'' % формула операцій
11. [dl,bt]=decsg(gd,fs,ns);; % формування області
12. [dl1,bt1]=csgdel(dl,bt); % видалення внутрішніх границь
13. [p,e,t]=initmesh(dl1,''hmax'',0.5); % формування сітки
14. z=p(1:) ''; y=p(2:) ''; np1=t(1:) ''; np2=t(2:) ''; np3=t(3:) '';
15. pdemesh(p,e,t)% зображення сітки МКЕ
```

Формування трикутної сітки здійснюється командою **[p,e,t]= initmesh(d1)**. Масив **p** містить координати z_k,y_k **(z=p(1:); y(2.:))** вузлів кінцевого елементу (КЕ). Масив **t** містить номери вузлів КЕ **(np1=t(1:)**; **np2=t(2:)**; **np3=t(3:))** – див. Лістинг 1. Вузли пронумеровані проти ходу годинникової стрілки (рис. 1).

Площа трикутного КЕ може бути обчислена за формулою:

$$A = 0{,}5*[(x_1y_3-x_3y_1)+(x_2y_3-x_3y_2)+(x_1y_2-x_2y_1)];$$

координати центру тяжіння КЕ обчислюються по формулах:

$$z_c = (z_1+z_2+z_3) / 3;$$
$$y_c = (y_1+y_2+y_3) / 3.$$

Моменти інерції трикутного КЕ відносно центральних осей z, y можуть бути обчислені по виразах:

$$J_z=A[(y_1-y_2)^2+[(y_2-y_3)^2+(y_3-y_1)^2] / 36;$$
$$J_y=A[(z_1-z_2)^2+(z_2-z_3)^2+(z_3-z_1)^2] / 36;$$
$$J_{zy} = A[(y_1-y_2)(z_1-z_2)+(y_2-y_3) +(z_2-z_3)+(y_3-y_1)(z_3-z_1)] / 36.$$

Для рівнополичного куткового профілю 100x100x10 ГОСТ 8509-86 (рис. 2) обчислені площа перетину, координати центру тяжіння, і моменти інерції відносно центральних осей (оператори, відповідні цьому етапу розрахунку в лістингу не приведені):

- A = 19,24 см^2;
- $z_o = y_o$ = 2,83 см;
- Jz = Jy=178,3 см^4;
- Jzy = -104,4 см^4.

У таблиці сортаменту для розглянутого рівнополичного куткового профілю наведені наступні значення величин:

- A = 19,24 см^2;
- $z_o = y_o$ = 2,83 см;
- Jz = Jy=178,95 см^4;
- Jzy = 110,0 см^4.

Величина відцентрового моменту **Jzy** насправді повинна складатися
$\pm(Jx_o - Jy_o) / 2 = 9283,83 - 74,08) / 2 = \pm 104,9$ см^4.
Знак відцентрового моменту інерції в таблиці сортаменту враховувати не прийнято. Збіг порівнюваних результатів не поганий.

СПИСОК ВИКОРИСТАННОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. М.: ACADEMA, 2003.
2. Ахметзянов, М.Х. Сопротивление материалов / М.Х. Ахметзянов, П.В. Грес, И.Б. Лазарев. – М. : Высшая школа, 2007. – 334 с.
3. Баженов В.А. и др. Численные методы в механике [Одесса, 2005].
4. Гонсалес Р. и др. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB [Техносфера, 2006].
5. Коткин Г.Л., Черкасский В.С. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием MATLAB [НГУ, 2001].

УДК 811.11:656.611

Nikulina O.L.
National University “Odessa Maritime Academy”

Importance of intercultural awareness

My theses hereafter will deal with the importance of intercultural awareness for people who work in a multinational team or crew, which is of utmost importance for the seafarers who have to adapt themselves to a multicultural medium of communication.

The domain of my teaching embraces the cadets of Odessa Maritime Academy who will become the seamen on board ships flying various colours, working hand by hand with other seamen of different nationalities. That is why it is extremely important to convey business communication not only in English, which is worldwide

international maritime language, and everybody on board is supposed to know it, but also bearing in mind the possible cultural differences, such as:

- traditions
- religion
- cultural values
- taboos
- non-verbal communication, etc.

Needless to say that in contemporary diverse and cosmopolitan world people are ripe and ready to accept all the possible collisions of intercultural discrepancies, at least they are prepared for them socially and morally. But still no one can be absolutely aware of all the shades and modes of behavior that different people and nations follow. That is why it is vitally important to pre-teach and anticipate in the class room the possible misunderstanding that may arise when working with people of other nations, nationalities, cultures.

Most of the cadets in our Maritime Academy are Ukrainians since Odessa is a Ukrainian city, but we do have foreign students' groups, like Nigerians, Turkish or Vietnamese students. Of course the focus of pre-teaching intercultural awareness in Ukrainian groups will be on the introduction to various Asian or African cultures, whereas in the foreign students' groups the focus will be on the introduction to Ukrainian culture. In the most desirable and favorable academic situations there may arise the probability of forming mingled groups of cadets/students of mixed nationalities. In this case the students may anticipate the real situation on board ship when being the seafarers who may come across the intercultural misunderstandings or even collision of a kind.

In the modern world people tend to migrate for various reasons, like seeking shelter because of religious persecution or whatever. In this case people face the problem of integration into another society, another culture. In our case the cadets who would be people working in a multinational crew will face the problem of coexistence rather than integration, because they would be working with people of some other cultures just for some time, and then they might change the crew or the shipowners company and meet absolutely different people from different countries. That is why it is very important to introduce the cadets to the different cultural peculiarities of behavior

of those cultural groups that they will most probably work with on board ship.

УДК 811.111.001.2:656.61

Bogomolov O.S.
National University "Odessa Maritime Academy"

Lexical and grammatical features of the IMO Standard Marine Communication Phrases (SMCP)

A greater part of the IMO Standard Marine Communication Phrases (SMCP), further called Phrases [1], concerns the safety of ship, crew and passengers; the occupational safety of the seagoing personnel; fire-prevention measures and fire-fighting; rendering assistance to victims; engineering condition of the shipboard equipment and trouble-shooting; measures to prevent and remove the aftereffect of sea pollution; machinery and equipment control in standard and emergency situations; holding and participating in shipboard safety drills.

In order to adequately understand these phrases it is important to have knowledge of the contextual meaning of a number of words, word combinations and idiomatic expressions established by the Phrases compilers, century-long experience acquired by the world merchant fleet having been taken into account [1]. The analysis of the Phrases that I previously had carried out allowed me to single out lexical and phraseological units marked with contextual meaning typical for SMCP. Further below I give the most frequent words, word combinations and expressions that could be recommended to be included into the required minimum for the professionals taking a profession refresher course.

Phraseological units

Clean up spill; Dead slow…; Emergency full…; Engine / Fire party standing by; Power at …station available; Power in …not available; Stand by engine! Stand by fire fighting stations! Stand by fire party; Stand**ing** by for maneuvering; Stand by on VHF channel 12.

Adjectives and participles

Complete; Disabled; Inbound (vessel); Injured (person); Inoperative; Major; Minor; Not operational; Not under command; Off-shore; Off-station; Operational; Outbound (vessel); Underway; Unmanned / Unattended (engine room).

Verbal phrases

(to) Appoint crew member in charge of safety; (to) Brief; (to) Complete; (to) Free blocked water pipe; (to) Get underway; (to) Leave/ (to) Evacuate; (to) Make water; (to) Man; (to) Provide first aid; (to) Stand on; (to) Stand by for …; (to) Station; (to) Take immediate action; (to) Take readings; (to) Read; (to) Take soundings of …; (to) Shut down; (to) Secure.

Substantives and nominal phrases

Briefing; Damage control; Discharges; Drill; Escape route; Fire mains; Fire party; General emergency alarm; Hampered vessel; Lifeboat men; Lifeboat station; Muster; Muster List; Muster station / Assembly station; Occupational safety; Occupational safety equipment; Oil clearance; Openings; PA-system; Polluter; Problems; Restricted area; Retreat signal; Roll call; Sea (suction) valves; Slings; Spill; Standing orders; Station; Training Plan; Training session.

Abbreviations

COW = Миття танків сирою нафтою

CPA = Точка найкоротшого зближення (суден)

CSS = Координатор надводного пошуку

ETA = Передбачуваний час прибуття

ETD = Передбачуваний час відплиття

GMDSS = Глобальна морська система зв'язку під час стихійного лиха та для забезпечення безпеки

GPS = Глобальна (супутникова) система визначення місця перебування (суден)

RCC = Рятувально-координаційний центр

SAR = Пошук і рятування

UTC = Всесвітній скоординований час

VTS = Служба управління рухом суден

Conventions

COLREG = Конвенція про міжнародні правила запобігання зіткненню суден

ILO N 147 = Конвенція про торговельне судноплавство (мінімальні норми)

ISM Code = Міжнародний кодекс управління безпекою

MARPOL - 73/78 = Міжнародна конвенція про запобігання забрудненню моря з суден

SOLAS – 74 Міжнародна конвенція про охорону людського життя на морі

STCW – 78/95 = Міжнародна конвенція про підготовку, атестацію і несення вахти для мореплавців

Words indicating the character and content of information

Advice; Answer; Correction; Information; Intentions; Instruction; Mistake; Negative; Position; Positive; Question; Repeat; Request; Say again; Time; Warning;

MAYDAY – information about distress;

PAN-PAN – an urgent message;

SECURITE – a safety message.

The vocabulary, abbreviations and phrases given above could be effectively learnt by being memorized, and for all that, special attention should be paid to the pronunciation. The remaining phrases were submitted to a grammatical analysis in comparison with the Standard English. The findings are presented at the lectures delivered to updating or PhD course students as follows.

Using / Dropping /Omitting article

Normally, article is omitted independent on the syntactical function of the noun: - Present stability good. – What is course and speed of polluter? – I am in critical condition. - Does helmsman understand English / Wheel orders?

However, article before noun is maintained in some phrases: - You now have **the** watch. – **The** flooding is not under control. – Danger of going down by **the** stern.

Structural particulars of the "Question – Answer"-type micro dialogues

Such phrases can be of two kinds: a) phrases correspond to the syntax of the standard English: Q1. What kind of assistance do you require? A1. I require tug as-

sistance. Q2. Can you transfer bunkers to stop listing? A2. Yes, I can transfer bunkers. kind b) the interrogative sentence is syntactically complete, but in the responsive cue the auxiliary or modal verbs are omitted: Q1. How many compartments are flooded? A1. One compartment flooded. Q2. Is fire under control? A2. Yes, fire under control. / No, fire not under control. Q3. Is smoke toxic? A3. Yes, smoke toxic. / No, smoke not toxic.

Information about the state of affairs at the present moment (moment of conversation)

Two types of construction are used for this purpose:

type a) syntactically **complete**:

I am maneuvering with difficulty. I am not under command. I am ready to get underway. type b) syntactically **in**complete, where auxiliary, copula or principal verb, as well as construction **there is** / **are** or verb **have** are dropped: - Rudder damaged. – Level increasing. – Engine alarm at …UTC due to … . – Breakdown of main engine at … . Vessel overtaking on starboard side. – (No) problems with auxiliary engines….- Discharging fuel tank N 3.

Use of the verb "be" and construction "there is / are

As a rule, the verb **"be"** is not omitted in **interrogative** sentences, independently of whether it is or is not principle, auxiliary or copula verb: - Q1. Where is whistle control? – Q2. What notice is required to reduce from full sea speed to maneuvering speed? – Q3. What is your ETA? – Q4. What was your last port of call? In the questions about availability of something in the appointed place only one out of two components of the construction **there is** / **are** is maintained, which is the appropriate form of the verb "**be",** while the formal subject (**there**) is omitted: - Q1. Is sufficient depth of water in my position? Sometimes omission of **there** produces ambiguity: – Q2. Is fishing gear ahead of me? Those who made up this phrase intended to express the idea "Is there any fishing gear on my bow?" that is ask about availability of gear before the vessel. But actually, the phrase is taken in as the question "Is the fishing gear located on my bow?" And the question about the existence of gear in this place is not asked at all. It is just specified whether it is located ahead. In the questions about availability of something in the appointed place and their answers the following means are used: the verb **have** instead of **there be** construction. – Q1. Do you have any deficiencies? – A1. Yes, I have following deficiencies: …- A2. No, I have no deficiencies; the verb **carry**: - Q2. Do you carry any dangerous goods? the adjective **available**: - Is extra power available in emergency? the negative particle **no**: - A2. No pumping at present.

In the affirmative and negative answers of the questions about availability both components of **there be** construction are usually omitted: - Danger of icing in area around … . – No possibility for vessels to turn. – No person injured.

When designating the quantity of objects or persons in the appointed place **there be** construction is omitted and its function is performed by the noun **number**: - Number of injured persons: … .

In the affirmative and negative sentences Present Simple of the principle verb **be** is omitted like in Russian: - Pilot ladder too far aft. – Yes, (No), pilot boat (not) on station. In the sentences informing about future events, both components of the

word combination **will be** can be omitted, and the role of future tense indicator, in this case, will be played by the tense modifier: - Pilot boat on station at … hours local time.

But in most affirmative and interrogative phrases the future tense indicator **will** is not omitted, but combined with the principal verb in accordance with the standard English rules. – Note book entries will be copied into the record books. – I will arrange for boat. – In what position will tug meet me? – MV … following you will overtake you on your port side.

Use of the verb "have"

Interrogative phrases including the principal verb **"have"** are constructed by means of the auxiliary verb **"do"** if the verb **have** has semantics of "possession": - What problems do you have? – Do you have controllable or fixed pitch propeller? Such a question is answered by the standard response: - We have fixed pitch propeller. or by inverting the verb **have** and the subject if **have** has semantics of "availability": - Have you doctor on board? In a negative answer of such a question the negative particle **no** is put before the object: - I have no doctor on board.

In affirmative phrases the principal verb **have** is retained. – I have major damage below water line. – MV … has dangerous list. and the auxiliary verb **have** can be retained as well: - I have collided with unknown object. But more often it is omitted: - Located vessel incinerating waste.

Use of perfective / imperfective, aspectual and temporal, active / passive and modality verbal forms

To describe an activity or condition topical at the moment of conversation, subjectless phrases are normally used, since it is clear to the listener that the forwarder of the message is speaking about him/herself, his/her team or ship, auxiliary verb **be** is omitted, and the principle verb is used with the suffix – **ing**:- Making identification signals by flags. - Keeping wind on port bow.- Starting number two general service pump.

Frequently, omission of the copula **be** occurs as well: - Ready to receive bunkers. However, complete constructions occur as well. – I am starting operation. – I am ready to get underway. Informing that the action has been completed is rendered by reduced form of the **Past Simple Passive**: - Course altered at … UTC. – Engines stopped at … local time. …- Ballast transferred from N 5 tank to N 2 tank to correct list.

Present Perfect Passive:

Order: Operate lifeboat engine and report; - *Report:* Lifeboat engine operated. Operation finished. N 3 lifeboat launched.

Past Simple Active:

-Transferred fuel from settling tank to service tank; - Discharged NN 4, 6, 8 double bottom tanks. At the same time, complete phrases are encountered sometimes: - Q. How was your position obtained? – A. Position was obtained by GPS. – This is Captain speaking. We have grounded. – I have located you on my radar screen. Sometimes inconsistency of the phrase compilers in the use/omission of the auxiliary verb **have** is found. *Compare:* - Fishing gear fouled my propeller. You have caught my fishing gear.

The following phrase belongs to the same pattern. Here, instead of the correct form **proceeding** incorrect form **proceeds** is used: - MV … proceeds to your assistance.

The verbal form fitted with the suffix **"–ed"** is a non-ambiguous piece of information meaning that this individual action has been completed and no matter for the user what its function in the phrase is: Past Simple Active, Present Perfect Passive without omitted has/have been or Predicative, before which copula **be** has been omitted, cf, [3. 102]: - Vessel anchored ahead of you in position … .

Expression of orders, instructions, directions, advice and appropriate answers

Standard verbs in imperative mood are used for this purpose: - Keep well clear of towing lines. – Have heaving lines ready forward and aft. – Do not put windlass in gear. As a response to such orders and instructions are used phrases which make more precise the way of performing orders / directions: - Order1: Stop engines. Response1: Engines stopped. – Order2: Stay where you are. Response2: I will stay where I am. – Order3: Go ahead and follow me. Response3: Going ahead and following you. – Order4: Do not follow me. Response4: I will not follow you. A usual practice is to repeat the order received: - Order: Go and check (the) port alternator. Be sure to check (the) cooling water pressure. Response: Go and check port alternator. Be sure to check cooling water pressure. The order can be expressed with an infinitive: - All officers **to report** to the bridge, or with an implicit verb in imperative mood, - All crew members to assembly stations. Advice or recommendation can be expressed with the lexeme **Advise** or future tense form: - Advise you alter course to port side. – You will join convoy at …UTC.

Expression of need, necessity, obligation and permission

- Following **requires** attention: … .
- What notice **is required** to reduce ship's speed?
- (I) **require** (tug) assistance.
- No, I **do not require** pilot.
- Q. **Must** I take tug? A1: Yes, you must take tug. A2. No, You **need not** take tug. … You **must** abandon vessel after piracy.

Permission to enter sector B.

You **are allowed** to proceed without Pilot.

Expression of negative semantics

Do **not** enter **un**manned engine room.

No, radar **not** operational.

No, radar has **no** blind sectors.

No, not ready **yet** to get underway.

No contact. **No** person injured.

No pumping at present.

Transfer of person **not** possible.

Pilot ladder **un**safe.

Expression of cause

Speed **due to** … .

Expression of aim / purpose / objective

Deck cargo restowed **to correct** list.

In conclusion, let me point out that in the National University "Odessa Maritime Academy" this article can be used as basic material of a course delivered to the SMCP learners – profession refresher course students and post graduate students. The functional method of expounding and learning SMCP's lexical and grammatical features suggested in the article promotes creative approach on the part of the users in the teaching / learning process making it more efficient. This issue has been discussed more than once in the maritime circles [4, 5].

REFERENCES

1. Стандартные фразы ИМО для общения на море. -.Санкт-Петербург, 1997.

2. Зеленський П. Г. Essentials of English. – Київ, «Вища школа», 1980.

3. Верба Г. В., Верба Л. Г. Довідник з граматики англійської мови. – Київ, «Освіта», 1993.

4. The 11-th IMLA Workshop on Maritime English. – Varna, Bulgaria, 2001.

5. International Seminar on Maritime English. Proceedings. Istanbul, Turkey, 2002.

УДК 811.111.37.091.33–028.17 (045)

Shalyov A. S., Ph. D.

National University 'Odesa Maritime Academy'

Listen english daily practice' mobile phone application as means of self-study in improving your listening skills

Nowadays the situation at a foreign language study literature market is in a nutshell as follows: the prices for paperbacks have increased dramatically and not many learners can afford buying them so there should be some other ways of practicing your foreign language skills. As far as you know there are four of them: reading, writing, speaking and listening. And in this very article the latter one will be discussed.

First of all we should come across with an appropriate definition of listening as a language learning skill. 'Communication has two dimensions: speaking (expression), and listening (reception). Survey results showed that listening skills were consistently ranked as the most important communication skills for career competence. Listening is the active and dynamic process of attending, perceiving, interpreting, remembering, and responding to the expressed (verbal and nonverbal) needs, concerns, and information offered by other human beings' [2].

In order to develop good listening skills one has to have an effective and efficient tool. Mobile phones software designers and developers have come up with plenty of applications which can meet every requirement for successful learning process and create environment for fruitful results. One of the fundamental conditions of such a tool is a recording of authentic native speakers from different English speaking countries or lately even of those for whom English is a second language so

that learners will have an opportunity to understand English speaking people better having insight into different accents. That is why 'If your goal is communicative competence… authentic texts have advantage over all other types' [1].

The Android based application which will be discussed here is called 'Listen English Daily Practice' and can be downloaded free of charge from Play Store. To enjoy this application one has to have a smart phone. On the one hand there is a small drawback in it and it is the fact that this application contains advertisements or ads as every free of charge application. But on the other hand there is a plenty of advantages which will make a difference for a foreign language learner. They are as follows:

When you start this application, you get into a Favorite Lessons section to choose from Level A (236 lessons), Level B1 (252 lessons), Level B2 (179 lessons), Level C1 (103 lessons), Level C2 (54 lessons), American Voice (198 lessons), British Voice (217 lessons), International (47 lessons), Family (32 lessons), Self Information (28 lessons), Food (35 lessons), Life Style (98 lessons), Education (46 lessons), Science (20 lessons), Business (18 lessons), Stories (63 lessons).

When you choose a lesson, you get into a number of dialogues and each of them has got its own title. For example, Level A – World Traveller. After choosing a dialogue, you get into a set of five multiple choice questions which are called Show Test. Next option is called Show Transcript where there is a full written dialogue. Then there is a Subtitle section where there are separate phrases of this dialogue which can be played back even in a random order according to your preference. And the last section is called Vocabulary where you can find active set expressions from this dialogue explained and used in different example sentences.

Before doing any listening activity a teacher has to decide what kind of learners there are in his/her class. If they are weak, a teacher might like to pre-teach some of the vocabulary or even read a transcript of this dialogue together with the whole class and translate the dialogue if it is necessary. Before listening with any class 'a teacher has to remind his/her learners to look through the test questions and multiple choice answers to understand what kind of information they will have to look for while listening to the dialogue' [3].

As a rule every recording is played back twice. Besides on the bottom of this application window there is a timeline scale of this dialogue duration with a slider to help you find the exact place in the recording to listen to for the second time. There is also a speed regulator from 0.4 to 2.0 with 1.0 being a standard speed so that learners will have the opportunity to choose the speed with which to listen to the dialogue.

As a consequence activity a class might be asked to role-play the dialogue in pairs or make up a similar one or use the situation from it to speak up about their own experience in order to bring their life feelings and worries closer to the educational situation and learn to be more open, easy-going and emotional if they are not.

As a conclusion it is necessary to say that such kind of programmes will help learners to create true to life situations in a typical class which will facilitate their ability to communicate with their peers in a group or a teacher depending on the task. They will also develop an ability of being attentive to what people are saying in

order to build up a successful communicative act to just make friends or even achieve the set goals during say a negotiation, press conference, job interview or panel discussion.

LIST OF USED LITERATURE

1. The Teaching of Listening Comprehension // The British Council, The Tonbridge Printers Ltd. London. 1981, – 165 p.
2. Purdy, M., Borisoff, D. (Eds) Listening in Everyday Life: A Personal and Professional Approach. 2nd edition. Leitham, MD: University Press of America. 1997, – 346 p.
3. Wyatt R., Newbrook J., Wilson J. FCE Gold PLUS Teacher's Book. Pearson Education Limited. Harlow. 2008, – 192 p.

УДК:811.111(045)

Molodtsova V.
National University "Odessa Maritime Academy"

Use of mnemonics in learning English

The use of mnemonics in English language classroom is insufficiently addressed in professional journals and by teachers now. Such little interest can be explained by the following reasons: first, memory enhancing methods have been rendered obsolete by current English teaching theories; and secondly, mnemonics is usually regarded as a source of entertainment for others. So, not many consider it useful for the classroom or serious learning; though, both perceptions are unfair.

Mnemonic techniques are used for organizing information so it could be easier and more likely remembered. These techniques have been in use since antiquity; many famous and remarkable orators and philosophers (like Cicero and Quintilian) practised them to remember the details of their speeches. At those times, mnemonics was not considered to be just the skill of simple memorization for fun, but rather a true, rigorous art which required imagination, effort, and a good mind.

Lately, mnemonics has received support in the field of cognitive psychology. Mnemonics, under certain conditions, are considered to be quite effective ways of storing and retrieving information.

Results of numerous empirical studies involving association learning and visualization testing proved that when learning new material an individual manipulates information according to various "control processes" (memory strategies, or systems) [2], [3], [4]. The studies showed that if material is presented in a way which relates meaningfully to what is already known, it will be retained for relatively long periods of time. Proper organization at the "encoding" stage of memory processing provides effective recall. And mnemonic systems impose a plan of meaningful organization. The best of them "work as a memory aid precisely as they mimic natural organizational schemata associated with meaningful material" [10, p. 333]. This explains the effectiveness of mnemonics.

There are a large number of mnemonic devices. Though, not all are appropriate for English learning purposes, some are worth of closer examination.

The mnemonic called the method of "loci" (place) (particularly useful in grammar teaching) involves intensive use of the human visual memorization faculties and the idea of a "memory palace." The technique consists of three steps.

First, a series of locations is memorized, like: a public building, own room or house, a street with various landmarks on one's usual way to some place. Next, an image for the topic to be recalled is thought of. For example, a coin for money, a plane for travelling, etc. Third, the topic image is combined with the image of its corresponding location. The coin might be imagined laying on the floor of a particular room in a house, and the plane might be cruising on the table surface. Putting this all together, a person can recall a series of items or topics by simply "strolling" through the house mentally, neatly retrieving the object images from the locations, in the order in which they were originally placed.

Because of its simplicity, this particular method was very popular in ancient times. After a speech was given, the images would soon fade, but the "palace" could be used again to memorize other speeches. Abstract subjects could also be recalled easily when appropriate images were constructed.

This technique can be effectively used in EFL classrooms for teaching prepositions and basic English sentence structure.

Let's consider teaching prepositions in an English classroom. Traditionally, the teacher would perhaps write the preposition under question on the board, use classroom objects, situations, or simple drawings to explicate meaning, and then exam sentences using the term, and so forth. The memory palace method is used when students understand the core analytical meaning of the words and are ready to convert this meaning into images. When creating images one shall keep in mind that those images are easier recalled which are concrete, sensory, practical, interactive, and interesting [3].

The teacher presents the method of making images and gives a few examples, then the students (low-middle and upper-level students) can form their own. When teaching low-level (beginning) students, the teacher is recommended to provide some of the images.

To familiarize students with the basics of the memory palace method, the teacher begins by writing four to five simple words on the board (e.g., pen, book, car, and bag). The students are told to close their eyes, imagine their own room at home, and to place these objects somewhere in the room. Then the teacher asks the students where they placed each object, in the order in which they were presented. The teacher can have the students mentally move to another room, and place additional objects. The students write down what they remember about the objects and are asked again on where the items were placed. Then the teacher goes to a discussion of prepositions: their meaning and types. Starting out with prepositions of location, for example IN, the teacher writes on the board a sentence containing an image which clearly illustrates the meaning of the term (E.g., "An old book is IN the bag"). The students are again told to place this image in a room. At this stage, the teacher has several options. Students can use their own place as a memory palace, or a simple

and general floor plan constructed by the teacher can help to facilitate the precise location of images. The latter can be a kind of a basic generic architectural floor plan of a house, complete with several rooms (living, dining, bedroom, and kitchen). Students are given the copies of the plan and asked to place images both mentally and physically into the plan. The higher the students' level, the more objects can be added to the plan. With high-level classes, some furniture, windows, and so forth are added. The memory palace selected will serve as a template for storing images.

After the first image is shown, the students are given auxiliary location preposition images ("A little kitten is BY the door"). After the initial introduction of images, teachers also have the option of either continuing to generate images or giving the term under discussion to the students and having them make their own images. Students need to be told that their images should be clear and concrete; however, it should also be stressed that images of unusual colours or showing odd behaviour can be easier recalled.

In order to avoid standard memory interference effects, all images need to be linked into a coherent chain. Moreover, their placement must be logical and consistent. As images are situated, memory palace rooms should not become too crowded (about four images per room is adequate. Activities can take the form of oral reviews, short and simple written tests, or the students drawing or filling in a picture.

This method is flexible and can encompass a great deal of information (various grammatical points). For instance, in order to introduce additional location prepositions, we can construct parks, streets and more buildings. For motion and time, images can move in these structures under various time constraints.

Provided careful and thorough explanation of the loci method, its use by teachers and students will not present any difficulties, though it's seemed to involve too much work for the teacher and be too complex and impractical for students. Along with greater recalling of information encoded in images that are paired with certain location in the room, this technique maintains high interest on the part of students.

Mnemonics shows that students have direct control over the way they learn and remember, and that there are interesting and viable alternatives to simple rote memorization. Thus, it provides positive psychological support to students who actively participate in the learning process.

Another mnemonic technique recommends students create images in a way that is meaningful specifically to them or their life. A student puts him/herself into the examples of vocabulary in use. If a teacher presents students a phrase like "to doze off" (meaning to go to sleep), students need to imagine a time when they're really tired and can hardly keep eyes open, even though they want to stay awake. Then they imagine themselves saying "Oh God, I keep dozing off". Vividly picture something familiar to you when you're trying to remember the words. Students can create stories with the new language.

When trying to practice using new grammar or vocabulary, students are recommended to make a random sentence, but a sentence which they really feel or really mean. This works for teachers as well. When explaining new words, examples should be vivid and colourful with some personal element added. If you can, try to attach some personal element to it or put yourself into the example.

The core principles of memory techniques which lead to permanent memory memorizing are the following:

1. **Always a sequence of scenes**, never just a single one. So, even if a student forgets parts of a mnemonic story, at least a couple of "triggers" will stick permanently.
2. Whatever a student imagines must be **drastically different** from anything we see in everyday life or it'll be forgotten due to the retroactive inhibition.
3. **Stimulate all five senses**, or as many as possible (seeing, smelling, tasting, touching, hearing).
4. **Engage emotions** (story - funny; footballer crying – feeling embarrassed; the learner climbing down to help the poor man – emotional response).
5. After the creation of the "memory clip", i.e. mnemonic device, it is **essential to repeat it backwards and forwards**, **and starting from different points in the story**. (The beginning and the end of any sequence is usually easier retrievable than the middle. Therefore, repeating the story, always from a different point, provides more "beginnings" and "endings" and increases the chances for every single "scene" to be better recalled.)

However, without repetition the effects will eventually fade away, no matter how effective a mnemonic device is. Along with periodic repetition based on human brain work mechanisms, some teachers offer automatic repetition, on reflex. Such a reflex repetition would be the closest thing to the effect an L2 environment has on the memory of a language learner – constant recycling of the (target) language. This is achieved by **embedding memory triggers from learners' immediate surroundings into mnemonic devices!** So learners could not possibly forget to "repeat.

Mnemonic devices shall be given more attention by English teachers since these memory techniques provide an inquisitive and creative teacher with useful tools for better facilitation of learners' progress and enhancement of their autonomy.

THE LITERATURE USED;

1. Groninger, L. D. Mnemonic imagery and forgetting. *Psychonomic Science.* 1971. Volume 23, p.161-163.
2. Morris, P., & Hampson, P. J. *Imagery and consciousness*. New York: Academic Press, 1983.
3. Ormond, J. *Human learning* (3rd ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1999.
4. Phye, G. D., & Andre, T. *Cognitive classroom learning: Understanding, thinking and problem solving*. London: Academic Press Inc., 1986.
5. Reid, J. *Learning styles in the ESL/EFL classroom*. New York: Heinle and Heinle Publishers, 1995.
6. Roediger, H. L. The effectiveness of four mnemonics in ordering recall. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory.* 1980. Volume *6* (5), p. 558-567.

7. Searleman, A., & Herrman, D. *Memory from a broader perspective*. New York: McGraw-Hill, Inc., 1994.
8. Stevick. E. *Memory, meaning & method* (2nd ed.). New York: Heinle and Heinle Publishers, 1996.
9. Wang, A., & Thomas, M. (1992). The effect of imagery-based mnemonics on the long-term retention of Chinese characters. *Language Learning.* 1992. Volume 42(3), p. 359-376.
10. Wingfield, A. *Human learning and memory: An introduction.* New York: Harper and Row, 1979.

УДК: 811.111:378.064.2(045)

Домбровська С.А.
Національний університет «Одеська морська академія»

The ways to create a successful interaction with students

Rapport means the relationship that the students have with the teacher and vice versa.

In part, successful rapport derives from the students' perception of the teacher as a good leader and a successful professional. If, when teachers come to the class, students can see that they are well organized and well-prepared (that is, they have thought about what they are going to do in the lesson), they are likely to have confidence in their teacher. Such confidence is an essential component in the successful relationship between students and their teachers. It extends as well to the teachers' demonstrable knowledge of the subject they are teaching and to their familiarity with classroom materials and equipment. All of these things tell the students that they are in "good hands".

However, rapport also depends on the way that we interact with the students. A teacher might be most well-prepared and knowledgeable, but if that interaction isn't working well, his ability to help students to learn will be seriously compromised.

Successful interaction with students depends on four key characteristics:

1) recognising students.

Students want their teachers to know who they are. They would like their teachers to know their names, of course, but they also appreciate it when teachers have some understanding of their characters.

It is extremely difficult for teachers to know the names of all their students, especially at the beginning of a term or semester when they have, say, eight large groups. As a result, teachers have developed a number of strategies to help them cope with this situation. One method is to ask students (at least in the first week or two) to put name cards on the desk in front of them or stick name-tags to their sweaters or jackets. We can also draw up a seating plan and ask students always to sit in the same place until we have learnt their names.

Many teachers use the register to make notes about individual students (he wears glasses, she is very tall, freckles, etc.) and others keep separate notes about the indi-

viduals in their classes. Some teachers study the register or class seating plan before the lesson starts or when it is finished to try to fix students names in their heads.

There is no easy way of remembering students' names, yet it is extremely important that we do so if good rapport is to be established with individuals. We need, therefore, to find ways of doing this that suit us best.

But knowing students' names also involves knowing about students. At any age, they will be pleased when they realize that their teacher has remembered things about them, and has some understanding of who they are. Once again, this is extremely difficult in large classes, especially when we have a number of different groups, but part of a teacher's skill is to persuade students that we recognize them and who and what they are.

2) listening to students.

Students respond very well to teachers who listen to them. Although there are so many calls on our time, nevertheless we need to make ourselves as available as we can to listen to individual students' opinions and concerns, often outside the lessons themselves.

But we need to listen properly to students in lessons, too. And we need to show that we are interested in what they say. Nothing demotivates a student more than when the teacher is dismissive or uninterested in what they say.

I should point out that listening is not just done with the ears! We need to show that we are listening and paying attention to our students, and this will mean approaching them, making eye contact and generally looking interested.

3) respecting students.

Correcting students is always a delicate event. If we are too critical, we risk demotivating them, yet if we are constantly praising them, we risk turning them into "praise junkies (addicts)", who begin to need approval all the time. The problem we face, however, is that while some students are happy to be corrected robustly, others need more support and positive reinforcement. In other words, just as students have different learning styles and intelligences, so, too, they have different preferences when it comes to being corrected. But whichever method of correction we choose, and whoever we are working with, students need to know that we are treating them with respect, and not using mockery or sarcasm – or expressing despair at their efforts!

Teachers who respect students do their best to see them in a positive light. They are not negative about their learners or in the way they deal with them in class. They do not react with anger or ridicule when students do unplanned things, but instead use a respectful professionalism to solve the problem.

4) being even-handed.

Most teachers have some students that they warm to more than others. For example, many teachers react well to those who take part, are cheerful and cooperative, who take responsibility for their own learning, and do what is asked of them without complaint. Sometimes teachers are less enthusiastic about those who are less forthcoming, and who find learner autonomy, for instance, more of a challenge. Yet, a good teacher should try to draw out the quiet ones and control the more talkative ones and ask students who don't often put their hands up.

The reasons that some students are not forthcoming may be many and varied, ranging from shyness to their cultural or family backgrounds. And these quiet students will only be negatively affected when they see far more attention being paid to their more robust classmates. At the same time, giving some students more attention than others may make those students more difficult to deal with later since they will come to expect special treatment, and may take our interest as a license to become over-dominant in the classroom.

Treating all students equally not only helps to establish and maintain rapport, but is also a mark of professionalism.

Carl Rogers, an American psychologist, suggested that there are three core teacher characteristics that help to create an effective learning environment. These are respect (a positive and non-judgmental regard for another person), empathy (being able to see things from the other person's perspective, as if looking through their eyes) and authenticity (being oneself without hiding behind job titles, roles or masks).

A teacher must put themselves in the place of the student. If we cannot as teachers learn to see things from the students' point of view, if we have no intuitions about where their resistance or confusions are located, if we cannot remember what it was like to be buffaloed by new material, then we lack the empathy.

Real rapport is something more substantial than a technique that you can mimic. It is not something you do to other people. It is you and your moment-to-moment relationship with other human beings. Respect or empathy or authenticity are not clothes to put on as you walk into the classroom, not temporary characteristics that you can take on for the duration of your lesson. You cannot role-play respect or any of the other qualities. On the contrary, they are rooted at the level of your genuine intentions.

In order to improve the quality of our own relationship in the classroom, we do not need to learn new techniques; we need to look closely at what we really want for our students, how we really feel about them. It is our attitude and intentions rather than our methodology that we may need to work on.

UDC : 81'221.2.(045)

Козак С. В.
National University "Odessa Maritime Academy"

The method of language teaching divised by Galeb Gattegno – the silent way

This article is devoted to modern, intensive and extraordinary teaching method of foreign languages by Galeb Gattegno (silent way); this way is perhaps as well known for the unique nature of its teaching materials as for the silence of its teachers. The general goal set for language learning is near-native fluency in the target language, and correct pronunciation and mastery of the prosodic elements of the target language are emphasized. The "artificial approach" (Krashen, Terrel, 1983) that Gattegno proposed is based on the principal that successful learning involves commitment of the self to language acquisition through the use of silent awareness and

then active trail. Gattegno's repeated emphasis on the primacy of learning over teaching places a focus on the self of the learner, on the learner's priorities and commitments.

Keywords: Fidel's (colored wooden sticks), cues, elicit, puppeteer, cuisenaire (rods)

Introduction

The Silent Way is the name of a method of language teaching devised by Galeb Gattegno. Gattegno's name is well know for his revival of interest in the use of colored wooden sticks called Cuisenaire rods and for his series Words in Color, an approach to the teaching of initial reading in which sounds are coded by specific colors.

It is bases on the premise that the teacher should be silent as much as possible in the classroom and learner should be encouraged to produce as much language as possible.

Aim and tasks

The aim of this article is to describe modern and extra ordinary method of learning and teaching foreign (English) language; To compare with other methods of teaching languages.

The Silent way shares a great deal with other learning theories and educational philosophies. It could be stated as follows:

1. Learning is facilitated if the learner discovers or creates than remembers and repeats what is to be learned.
2. Learning is facilitated by accompanying (mediating) physical objects.
3. Learning is facilitated by problem solving involving the material to be learned.

We are not surprised then to see simulated experiences using tokens and picture charts as central elements in Silent Way teaching.

By looking at the material chosen and the sequence in which it is presented in a Silent Way classroom, it is clear that the Silent Way takes a structural approach to the organization of language to be taught. The sentence is the basic unit of teaching, and the teacher focuses on prepositional meaning, rather than communicative value. Students are presented with the structural patterns of the target language and learn the grammar rules of the language though largely inductive processes.

Gattegno sees vocabulary as a central dimension of language learning and the choice of vocabulary as crucial. He distinguishes between several classes of vocabulary items. The "semi-luxury vocabulary" (Gattegno, 1972) consists of expressions common in the daily life of the target language culture; this refers to food, clothing, travel, family life, and so on. "Luxury vocabulary" (Gattegno, 1972) is used in communicating more specialized ideals, such as political or philosophical opinions. The most important vocabulary for the learner deals with the most functional and versatile words of the language, many of which may not have direct equivalents in the learner's native tongue. This "functional vocabulary" provides a key, says Gattegno, to comprehending the "spirit" (Gattegno, 1972) of the language.

Like many other method proponents, Gattegno makes extensive use of his understanding of first language learning prosses as a basis for deriving principles for teaching foreign languages to abuts.

Research methods and results

The general objective of the Silent Way is to give beginning level students oral and aural facility in basic elements of the target language.

An immediate objective is to provide the learner with a basic practical knowledge of the grammar of the language. Students should be able to:

correctly and easily answer questions about themselves, their education, their family, travel, and daily events;

speak with a good accent;

give either a written or oral description of picture, including the existing relationships that concern space, time and unmembers;

answer general questions about the culture and the literature of the native speakers of the target language.

Learning tasks and activities in the Silent Way have the function of encouraging and shaping student oral response without direct oral instruction from or unnecessary modeling by the teacher. Basic to the method are simple linguistic tasks in which the teacher models a word, phrase, or sentence and then elicits learner responses.

The absence of correction and repeated modeling from the teacher requires the students to develop "inner criteria" (Asher, 1977) and to correct themselves. The absence of explanations requires learners to make generalizations, come to their own conclusions, and formulate whatever rules they themselves feel they need.

Teacher silence is, perhaps, the unique and, for many traditionally trained language teachers, the most demanding aspect of the Silent Way (Savignon, 1983).

More generally, the teacher is responsible for creating an environment that encourages student risk taking and that facilitates learning. This is not to say that Silent Way teacher becomes "one of the group" (Gattegno, 1972).

In fact, observers has noted that Silent Way teachers often appear aloof or even gruff with their students. The teachers role is one of the neutral observer, neither elated by correct performance nor discouraged by error. Students are expected to come to see the teacher as a disinterested judge, supportive but emotionally uninvolved.

The teacher uses gestures, charts, and manipulatives in order to elicit and shape student responses and so must be both facile and creative as a pantomimist and puppeteer. In sum, the Silent Way teacher, like the complete dramatist, writes the script, chooses the props, sets the mood, models the action, designates the players, and is critic for the performance.

The pronunciation charts, called "Fidels" (Asher, 1977), have been devised for a number of languages and contain symbols in the target language for all of the vowel and consonant sounds of the language. The symbols are color coded according to pronunciation; thus, if the language possesses two different symbols for the same sound, they will be colored alike.

The colored cuisenaire rods are used to directly link words and structures with their meanings.

The vocabulary or word charts are likewise color coded, although the colors of the symbols will not correspond to the phonetics of the Fidels, but rather to conceptual grouping for words. There are typically twelve such charts containing 500 to 800 words in the native language and script.

Chart 1: the word rod, colors of the rods, plural markers, simple imperative verbs, personal pronouns, some adjectives and question words.

Chart 2,3: remaining pronouns, words for 'here' and "there", of, for, and name.

Chart 4: numbers

Chart 5,6: words illustrating size, space, and temporal relationship, as well as some concepts difficult to illustrate with rods, such as order, casualty, conditions, similarity and difference.

Chart 7: words that qualify, such as adverbs.

Chart 8,9: verbs, with cultural reference where possible.

Chart 10: family relationships.

Chart 11,12: words expressing time, calendar elements, seasons, days, week, month, year etc.

Discussion

A Silent Way lesson typically follows a standard format. The first part of the lesson focuses on pronunciation. Depending on student level, the class might work on sounds, phrases, or even sentences designated on the Fidel chart. At the beginning stage, the teacher will model the appropriate sound after pointing to a symbol on the chart. Later, the teacher will silently point to individual symbols and combinations of symbols, and monitor student utterance. The teacher may say a word and have a student guess what sequence of symbols rhythm the word.

The pointer is used to indicate stress, phrasing, and intonation. Stress can be shown by touching certain symbols more forcibly than others when pointing out a word. Intonation and phrasing can be demonstrated by tapping on the chart to the rhythm of the utterance.

After practice with the sounds of the language, sentence patterns structure, and vocabulary are practiced. The teacher models an utterance while creating a visual realization of it with the colored rods. After modeling the utterance, the teacher will have a student attempt to produce the utterance and will indicate its acceptability. If a response is incorrect, the teacher will attempt to rephrase the utterance or have another student present the correct model. After a structure is introduced and understood, the teacher will create a situation in which the student can practice the structure through the manipulation of the rods. Variations on the structure theme will be elected from the class using the rods and charts.

Conclusion

The Silent Way can be used with elementary, intermediate and advanced students. Its principles are far-reaching. It's not only effects education but the way one perceives the living of life. The Silent Way exemplifies many of the features that characterize more traditional methods, such as Situational Language Teaching and Audiolingualism, with a strong focus on accurate repetition of sentences modeled initially by the teacher and a movement through guided election exercises to freer

communication. The innovations in Gattegno's method derive primarily from the manner in which classroom activities are organized.

LITERATURE

1. Asher, J. (1977). Learning Another Language Through Actions: The Complete Teacher's Guide Book. Los Gatos, CA, USA.: Sky Oaks Production.
2. Gattegno, C. (1972). Teaching Foreign Languages in Schools: The Silent Way. 2nd ed. NY, USA.: Educational Solutions. Retrieved from http://ww.teachingenglish.org.uk/article/silent-way
3. Krashen, S.D., and T.D. Terrel. (1983). *The Natural Approach: Language acquisition in the Classroom. Oxford, UK.: Pergamon.*
4. *La Forge, P.G. (1983). Counseling and Culture in the Second Language Acquisition. Oxford, UK.: Pergamon.*
5. *Savignon. S. (1983). Communicative Competence: Theory and Classroom Practice. Reading, Mass, UK.: Addison-Wesley.*
6. *Skinner. B.F. 1957. Verbal Behavior. NY, USA.: Appelton-Century-Crofts.*

УДК 629.5.026.2=111(047.22)

Бугаенко Т.І.
National University "Odessa Maritime Academy"

Engine department Correspondence

Ship's correspondence is, mostly thought to be the area of interest of the deck department: the deck officers mainly deal with all kinds of paper work. And engineer officers' work includes economical and efficient operation and maintenance of ship's machinery. But, may be it used to be this way years ago. Nowadays the world is changing rapidly and marine industry as well. The ships have become faster and more complex, the number of them is also growing and marine traffic is getting more intensive. The growth of world fleet number and tonnage as well as speed greatly increased shipping intensity. And as a result the increased number of marine casualties. In spite of the most modern integrated navigational complexes and power plants, enhancing shore servicing and crew training quality, casualties are still rather frequent. The main cause is usually "human factor" which is being studied nowadays. This deals with adequate actions of complex systems operators in inadequate (emergency) conditions. The study of such situations can give methods and recommendations for safe ship operation and develop adequate guidance , certificates, check lists etc.

World community, worried by large casualties with marine vessels, heavy living conditions of crews and by ecological problems, has elaborated a great number of international legislative acts, stating the requirements for the fleet conditions and the ways of its operation. The greatest efforts in this direction have been made by International Maritime Organization (IMO) and International Labor Organization (ILO). These organizations have developed a number of international conventions for safe-

ty of life at sea, environment protection from pollution and provision of proper living and working conditions for crews.

Rather important role in marine industry is played by so called “human factor”. With purpose to minimize negative influence of incompetence of marine specialists IMO established the minimal requirements to the crew manning and crew training.

While developing these conventions the control function of their accomplishment was put onto the Flag State and specialized organization – classification society. The responsibility for the compliance with the convention requirements was put onto the owner.

International Safety Management Code (ISM Code) was also developed to ensure safety at sea, to prevent injuries and casualties and avoid damage to environment and indemnity.

The Code requires that every shipping company developed, accomplished and maintained Safety Management Systems.

Safety Management system includes:

Safety policy and environment protection;

Instructions and procedures ensuring safe ship’s operation and environment protection according to the international legislation and Flag State legislation;

Determining authoritative level and ways of interaction between shore and ship personnel;

Procedure of informing about incidents and incompliance with the ISM Code;

Procedure of preparation for probable emergencies and handling them;

Still safety and security require more attention and are to be put to the first row of the most important issues. Shipping companies are creating all sorts of measures to enhance their safety policy. All this involves not only safety instructions and manufacturers’ manuals to be read and properly understood by marine engineers but also all kinds of forms, check lists, risk assessment to be filled. We know that all ship’s activities are to be recorded and entered into the log books.

Every ship must have valid and properly drawn up technical documents taking into account ship's design and area of sailing. The list of documents is drawn up by the ship owner. So it may differ considerably but still there are standard documents which are necessary for every ship.

If in the process of ship repair or modernization certain works have been carried out which have resulted in ship’s construction or technical characteristics changers or led to ship’s purpose changes, the technical documents should be corrected according to the actual works carried out.

The ship owner bears responsibility for every ship being completed with the necessary documents and also their timely updating.

The Master is responsible for availability and proper maintenance of the necessary documents on board

Ship’s technical documents include

-construction documents;

-legislative documents;

-ships documents;

-accounts and reports;

-standards and regulations;
-management and guidance documents;
-provision documents.

Construction documents

Construction documents are designers', engineering and technological documents and certificates on materials, equipment and stores, certificates and specifications on ship's technical means and machinery, manufacturers instructions on their operation and also statements and protocols and results of acceptance trials.

First full complete pack of these documents is to be kept as the ship's inventory by the Chief Engineer. The second pack is kept by Ship Owner.

Legislative documents

These are national and international normative acts, rules and regulations of supervisory boards, industry normative documents, orders, regulations and instructions of Ship Owner

Full complete of legislative documents must be kept by Master and Chief Engineer

Ship's Documents

Every ship must have valid ship's documents confirming the compliance with the legal provisions, engineering and fire safety, proper ship's technical condition, safety of life at sea, pollution prevention, safe cargo carriage, ship's sanitary condition and labor protection, as well as Ship's Log Book and Engine Log Book.

General ship's documents are kept by the Master. All the rest documents are kept by the Chief Engineer.

Accounts and Reports

The main records are: Ship's Log Book and Engine Log Book, engineering and electrical log book, different technical condition record books, maintenance plans and schedules, record books of ship's stores and spares.

These documents should contain actual information of ship's operation and maintenance, stores and spares consumption. Control of these documents maintenance is carried out by the Master and the Chief Engineer accordingly. The correct maintenance of these documents is the responsibility of the ship's officers according to the responsibilities of their charge.

Maintenance reports contain general information on maintenance, technical condition, stores and supplies consumption for certain period. Main report is the voyage report.

Voyage report should contain brief description of the main voyage conditions, emergencies occurred, troubles and failures, their causes and measures taken by the crew, list of maintenance works carried out and materials consumed, supplies and tools. Expiry dates of ship's documents should be given, ship's readiness for getting underway and other data stated by the owner.

Standards and regulations

Standards and regulations for operation and maintenance of a ship establish quantity of store consumed per a unit of time (power, volume etc.)

Management and guidance documents

These include inventory books, record book of orders and remarks of managing staff, files with the onboard orders, emergency cases, statements of taking over and handing over responsibilities, reports of ship's readiness for getting underway, on ship's personnel, time table of watches and other documents, reflecting daily engine department activities.

Provision documents

These are necessary for technical supervision and classification of ship, technical use, maintenance and repair.

These documents also include design, technological, operational, engineering, maintenance and repair documents such as repair lists, lists of works actually carried out, statements of sea trials, drawings, diagrams, specifications, technological charts, trouble shooting statements, dry dock survey statements and other documents.

The way of keeping and using these documents is established by the Master together with the Chief Engineer, and they both are responsible for them.

To ensure proper operation of diesel engine on board every ship there should be the following documents:

Engineering files for main and auxiliary diesels and their supporting machinery;

Operation manuals and instructions for all machinery;

Graphs of relation between vessel's speed, hourly fuel consumption and engine power and revolutions per minute;

Register book for boiler;

Statements of surveys and trials;

Spares inventory book;

Complete of drawings;

Diesel operation and maintenance rules;

Engine Log Book is main control document of the engine operation and must be checked and signed by the Chief Engineer daily.

Engine department documents

Instructions on ship's diesels operation and maintenance

Instruction on electrical equipment operation

Instructions on ship's auxiliary machinery operation

Engine logbook

Electric equipment logbook

Boiler watch logbook

Ship's logbook on water control

Oil Record book. Part 1 Machinery Space Operations (for all ships)

Oil Record book. Part 2. Cargo/ballast Operation (Oil tankers)

Sewage Record Book (all ships)

Garbage Record Book (for all ships)

Cargo Record Book for ships Carrying Noxious Liquid Substances in Bulk

These are only the main standard documents of the engine department, which deal with general operation and maintenance. Every kind of work requires certain risk assessment form or work permit if it involves any hazard. Each procedure requires to fill in the check list to be sure not to miss anything. So marine engineers

are to be prepared to work not only with machinery but also with a lot of paper work.

УДК 811.111:378.091.33 (045)

Nikolayeva T. S.
National University “Odessa Maritime Academy”

A Problem of Motivation of Maritime Students in the Process of English Study

Language is our primary source of communication. Nowadays, in our current time several factors make the English language as an essential component for communication, thus the importance of learning foreign language enables to communicate easily with our global citizens. As usually, use English is a common language to communicate and everyone needs to learn the language in order to get in touch on an international level. Speaking it will help you communicate with people from countries all over the world, not just English-speaking ones.

English is essential to the field of education. It is also accepted as common working language of the maritime world and being competent in its use is essential to the safety of ships, their crews and the marine environment. The necessity for the establishment of ME (maritime English) proficiency standard is mandatory used by all maritime based professionals and become an important tool to ensure safety at sea, on shore or in ports.

Motivation occupies an important place in the structure of personality and is one of the basic notions used to explain drivers of behavior and activity of an individual. Theoretical analysis and motivational research have led to the formulation of the hypothesis that the motivational sphere, in general, is a structural and holistic entity behind the process of development. The relevance of the motivational research is caused by the growing interest in the student's personality and his or her activities and changing of each student's social environment.

The learning process is present in life of every individual from a young age until the completion of professionally oriented establishments such as colleges and universities. Any examination is encouraged by a number of other grounds, which in turn constitute the motivational sphere structure of a personality. Learning motivation is one of the types of motivation, which just like any other, is characterized by consistency and sustainability. It is just a kind of activity, which is reflected by students to achieve certain educational objectives. Its development can without exaggeration be described as one of the central issues of the maritime student’s modern training. The updating of the content of English teaching and setting objectives of development of free-roaming acquisition of knowledge and cognitive interests, as well as a proactive attitude in life, among cadets cause the relevance of the issue examined.

The analysis of literature and web sources showed that the consensus has yet to be reached, and there is no permanent solution to the problem, namely, what motivation is in general, and what motivation of learning process is particularly. Motivation of human activities is very diverse since it is caused by different needs and concerns

that arise from social life. It is rooted in comprehension of moral responsibilities and tasks, which the social life entails. So, in its most deliberate acts behavior of a person is regulated by declared need.

Motivation influences means and direction of usage of the maritime student's various functional abilities; it explains the choice between different possible actions, between options of perception and possible contents of thinking. In addition, motivation explains intensity and tenacity in the implementation of the action selected and its impact while studying English.

In the twenty-first century, learning foreign languages, especially English, has become essential. Clearly social demand for a maritime establishment graduate has long been voiced. He or she shall be a professional of any occupational area who has a good command of spoken and written English.

A problem of motivation frequently occurs while learning in the process of English study at the maritime establishment. It is common for motivation to reduce with each next course of studies. It should be noted that before the English study at the maritime establishment begins and at the very beginning of the training students generally have a strong drive. They want to learn to speak English with their peers. It has turned out that the most attractive opportunity for cadets is to write business letters in English, which is very important in the future seafarer's profession. Cadets want to read and understand the information without the use of a dictionary. Almost all cadets wish to master English to be able to communicate in a foreign language with each other and with foreigners both verbally and in writing; but once English language training begins, cadets' attitude undergoes dramatic changes, and too many of them get frustrated. The process of learning English involves the stage of "building blocks" accumulation, the period of inevitably primitive content, dealing with a variety of challenges, and this, in turn, pushes achievement of the objectives students have dreamt of away. As a result, the reduction of motivation happens; the activity at the lesson goes missing; the will aimed at mastering foreign language weakens; the academic performance, in general, tends to decrease, and it has a negative impact on motivation. This is the widely observed situation, which is connected with the maritime students' English learning.

If there is a strong motivation, inviting wish to work actively, cope with the inherent difficulties, unfavorable conditions and other circumstances any activity takes place more efficiently and yields better results. All this is relevant to English study at the maritime establishment that takes place more effectively when the learners have a positive attitude, cognitive interest, need to obtain knowledge, skills, sense of duty, responsibility and other grounds for training. The maritime students should understand that knowledge of English is very important for representatives of maritime occupations. This knowledge allows taking tests offered by crewing companies successfully and without difficulties; passing oral interviews and awarding the contract for gainful employment on a foreign ship; not having trouble with business correspondence; reading contracts and understand every word. Carriage by sea is implemented all year round. It means that specialists with foreign language skills will be continuously provided with jobs. The issue of employment is very current. Security clearance on board the vessel requires passing of qualification tests and

knowledge of English, which The International Maritime Organization (IMO) adopted as the international language in 2001. In addition, a chance of getting a decent job for a cadet with knowledge of English is higher. Moreover, this chance increases when a student knows professionally oriented English. A good command of English ensures the safety of operations at sea. Statistics indicate that accidents at sea occur primarily through lack of understanding. In the Maritime industry being able to communicate effectively in English and preventing intercultural misunderstanding can be a matter of life and death. Maritime communication programs help professionals in the maritime industry communication better in English and cross cultures. Communication at sea is the essential part for the effective and safe running of the ship. It takes place within the ship herself, between the ship and shore station, between the ship and other ships and sometimes between the ship and aircraft. It is needed to be sure that the speech communications are as precise, simple and unambiguous as possible and that language confusions and errors are avoided that are often at the root of accident and other circumstances.

An essential condition for the establishment of a particular training objective is the focus of a student's consciousness not only on the results of learning but also on the means for achieving it. In order to form training objectives an array of methods of organizing and implementing training activities is used, such as verbal, visual and practical methods. It is common knowledge that visibility has a catalytic effect. Visibility increases the interest in issues studied, initiate new sources of activity capable to overcome fatigue.

Currently, the issue of English study by maritime students plays an important role. The younger generation has already changed the attitude to this process as a result of reforms taking place in modern society both in Ukraine and abroad. The following changes are the most significant ones: the world is experiencing processes of globalization (cultural integration); the reorientation of the educational process towards education and its value in real life. All this stimulates increasing of motivational level in the process of English study among maritime students, as well as introducing the concept of "language proficiency" at the degree of substantive value. Language proficiency is the key to the culture of people who speak this language. The interpenetration and mutual impact of cultures make people from different linguistic communities communicate with each other. Language study followed by the familiarization with cultural and social values is the way of mutual understanding and rapprochement among peoples. Research shows that maritime students who learn English have are motivated mainly by the personal incentives. Some students have a profound professional motivation of their study, assess the professional importance of such subject as "Maritime English", their interest in it is well above compared to those who don't seek to gain the necessary in-depth knowledge to be a good specialist. Students who seek to gain good knowledge are characterized by determination, strong will, ability to mobilize their physical and mental energy on their studies, high regularity of education activities. The set of all these features together with motivation, which focuses on gaining knowledge, provides a good education achievement.

It should be pointed out that authoritarian training style has a negative impact on the development of positive motivation among cadets. Together with this, the level of internal perceptive motivation decreases, as well as the importance of the results of English study; students begin to feel hesitant about their powers. A teacher often considers his or her students as the object of impact rather than equal partners in activities. The teacher distances both from a group as a whole and each student individually. The authoritarian style suppresses interest in English study; the enthusiasm across the training activities declines. Similarly, this style deters young people from fulfilling themselves creatively, and consequently, a student has no intention to achieve better results.

It can be concluded that many factors influence the creation of a positive training motivation when studying English. It must be understood that the training motivation is the foundation of a progressive growth and provides a great assistance in achieving desired goals and acquiring a dignified occupation in the maritime industry.

REFERENCES

1. International Conference on New trends in social sciences [Teaching maritime English with innovation technologies]

2. Markova A. K. [The Formation of Training Motivation: Teacher's Book]. 3. Vasileva M. M. [The Conditions of the Motivation Development when Studying Foreign Language].

4. Zaytseva M. V. [Motivation and Some of the Ways to Improve It].

УДК 81'276.6:656.61

Tsynova M., Kravets H.
National University "Odessa Maritime Academy"

To the question of modal verb constructions in maritime english sublanguages

The widespread development of international scientific contacts and the growing need for knowledge of a foreign language among specialists in various industries in the era of globalization raises the question of the necessity of such a description of a foreign language that would orient the recipient to the needs of professional communication, based on the knowledge of corresponding scientific and technical sublanguages.

To achieve this goal is hardly possible without a scientific justification of the selection of the volume of grammatical and lexical phenomena that must be learned by the recipient. The actual functioning of the language in various spheres of human activity leads to stylistic heterogeneity of texts, to their sublingual and functional-style differentiation.

Since the scientific and technical text does not implement the entire system of the language, but only its individual sections, it seems appropriate to study consistently the structure and behavior of various fragments of the language system in the text. A certain experience has been accumulated in cataloging and describing the

lexical subsystems of a language. The grammatical aspects of science and technology have not yet found sufficient reflection in works on functional stylistics and in the theory of sublanguages. Therefore, the description of a part of a grammatical inventory of sublanguages is an important task today. The study of this side of the language development involves focusing on the necessity to study the diversity of word combinations.

We will try to consider only some word combinations (modal verb+infinitive) In the sublanguage that we studied, it was found that among the word combinations the most frequent ones are the constructions consisting of a modal verb + infinitive, which come to 57.95% of the total number of word combinations [Beresnev, 1979]. Therefore the aim of this study is to try to identify some features of the verb constructions functioning in a number of sublanguages.

The material considered is taken from the following journals: "Maritime Reporter and Engineering News" and "Journal of Marine Engineering & Technology"

The texts used in our research belong to one functional style – scientific-technical - and to the same sublanguage –marine automation. The sample size was 30,000 word usages.

The unit of sampling and analysis is the word constructions- modal verb + infinitive. Word constructions of English scientific and technical texts are considered from the perspective of a foreign language recipient.

Peculiarities of the use of the studied structures are revealed in the statement of facts and data, a description of the predicted consequences, results, instructions and recommendations.

The statement of facts and data and the description of phenomena are caused by objective reality, which is an informative part of the discourse, pursuing various communicative goals, for the implementation of which a number of modal verbs are used, the most frequent of which is MV can. This verb is most often used to describe properties and characteristic processes [Selezneva, 2008]. In our studythe hypothesis put forward stating that the most frequent verb is CANwas confirmed, the share of its constructions was 61.2%.

When describing the predicted consequences and results, the modal verbs expressing the possibility are the verbs **can** and **may**. For the verb **can** in the scientific-technical stylethe meaning of the theoretical possibility arising from the presence of conditions or the absence of obstacles to the implementation of the action expressed by the verb, in combination with which the verb **can** is used [Selezneva, 2008], is the most common.

In the scientific- technical style the use of the verb **may** with the meaning of the possibility based on permission is most often limited to discussion, and it can also be found in the introductory or final part of the work, where more general questions are considered. The share of constructions with this modal verb is 21%.

It seems obvious that forecasting potential risks and dangers, warning about their occurrence is one of the goals of a scientific-technical text. Perhaps this explains why more than one third of the total frequency of the verb **may** is used to express this particular meaning. **Might** is used to predict low risk.

Instructions and recommendations are a special kind of scientific- technical discourse associated with manuals and reference books intended for users of devices and systems. This text uses modal verbs expressing advice, recommendation, duty or prohibition. In the scientific-technical style the verb **should** is often used as a recommendation, but in a peculiar form due to the communicative task of this style - in the form of manuals, instructions to the procedures and processes. The instruction can warn the user about possible risks using the verb **may**, as in the following sentence: *Turn the button to off failure to do so may cause the battery to lose its charge*. In the scientific functional style the importance of the need of MV**must** in most cases reflects the objectively existing need (its share is 8.4%), which consists in the obligatory or inevitability of some processes or phenomena caused by certain facts of objective reality.

Based on the above facts we can conclude that the most common in the marine sublanguage of automation is the verb **can**, which is included in the construction of **can + verb**, because it has the highest polysemantics and, accordingly, is found in texts of various orientations of the marine sublanguage of automation.

LIST OF REFERENCES:

1. Beresnev S.D. “German scientific-technical text from the view of Russian recipient”: Textbook for students and postgraduates of non-linguistic specialties”. – Ulyanovsk, 1979. – p. 91.
2. Selezneva N.A. The use of modal verbs for the implementation of the functions of a scientific text. Pyatigorsk State Linguistic University. URL: http://www.pglu.ru/lib/publications/University_ Reading / 2008 / II / uch_2008_II_00019.pdf
3. BolshakovaE. Common scientific lexicon for automatic discourse analysis of scientific and technical texts // International journal "Information Theories and Applications". 2008. V. 15. Pp. 189-195.
4. BolshakovaE. Common scientific lexicon for automatic discourse analysis of scientific and technical texts // International journal "Information Theories and Applications". 2008. V. 15. Pp. 189-195.

УДК 81’276.6:656.61

Koblik V.V.
National University “Odessa Maritime Academy”

Use of Authentic Materials in Maritime English Classroom

Among other aspects of language teaching is the problem of resources and materials to be used in classroom. The use of authentic materials in the classroom has repeatedly been the topic of discussions at conferences of different levels. Uniform information space, the World Wide Web, which is turning the world into a global village, provides opportunities to educationalists all over the world to obtain free access to any resources. There is no doubt that these resources should become an inte-

gral part of the educational process. Though there is a problem – what materials need to be included into the course syllabus.

At present there is no any longer such a problem as lack of resources and materials to be used in everyday practice of a foreign language teacher. Enormous resources of Internet and You-Tube, free web-sites, as well as numerous language courses are at the disposal both of teachers and students willing to teach/ learn foreign language.

One can find various resources not only for teaching English for general purposes (EGP) but English for specific purposes (ESP) as well. Maritime English (ME) being an example of ESP is not an exception.

But the abundance of resources does not guarantee their quality; there appear another problem - how to find the ones most appropriate, useful, of the required type and quality. Inter alia, there is an issue of using authentic materials in the teaching process.

Authentic materials are widely used within the framework of the ME courses taught by the instructors of the National University Odessa Maritime Academy.

Definition of Authentic Materials

The issue of authenticity has been foundational to much language teaching and language teacher education for almost forty years [1]. What is meant by authentic materials? There are many definitions and explanations of them. According to Jordan [2], an authentic material (text) is the one used "in the students' specialist subject area: written by specialist for specialists. It is not written for language teaching purposes".

Swaffar [3] thinks that authentic materials are primarily intended to "communicate meaning" and should possess "an authentic communicative objective", whereas the purpose of foreign language textbooks is "to teach language *per se* rather than to communicate information". Peacock [4] says that authentic materials are the materials specially produced to fulfil some social purposes in the language community. For Martinez [5] authentic materials are the materials prepared for native speakers and not designed to be used for teaching purposes. Widdowson [6] defines authentic materials as the materials created for native speakers and used in the classroom in a way similar to the designed one.

Tomlinson [7] believes authentic materials (texts) are produced in order "to communicate rather than to teach", they do not have to be produced by native speakers and they might be even simplified to facilitate communication.

According to Carter and Nunan [8] authentic materials are "ordinary texts not produced specifically for language teaching purposes". These materials are not specially developed for teaching purposes, but they can be successfully used for such purposes. Nunan [9] defines authentic materials as spoken or written language data that have been produced in the course of genuine communication, and not specifically written for purposes of language teaching.

The definition of the term "authentic materials" given in Longman Dictionary of Language Teaching and Applied Linguistics, in our opinion is a kind of an essence of the existing numerous definitions showing the most important notions contained in the term. This definition is as follows: "the use of materials that were not original-

ly developed for pedagogical purposes, such as the use of magazines, newspapers, advertisements, news reports, or songs. Such materials are often thought to contain more realistic and natural examples of language use than those found in textbooks and other specially developed teaching materials" [10].

Herod [11] thinks authentic learning materials and activities are designed to imitate the real world situations.

Summarizing various definitions of the term we can conclude that authentic materials are not specially produced for teaching/ learning, and created to communicate some real world information required by the society for successful communication. "In this context, the most significant synonyms are genuine and natural; on the other hand, the most significant antonyms are artificial and unnatural" [12].

Teaching materials in ME classroom

Teaching materials are rather important in educational process, they are specified in the course programs and curriculum. They are specially developed with the account of the existing requirements and needs of teachers and learners. Some of these materials are really good, the others are not. But most of these materials are artificial and unnatural in terms of real-world situations. They are specially created to drill some grammar structures and forms, to practice vocabulary, to work with texts, to memorize some materials, etc., i.e. to carry out some academic activity. Both teachers and learners interpret these materials as the integral part of teaching/ learning process and sometimes they cannot explain the way to apply them in real life and in their professional activity.

The same can be referred to both EGP and ESP. To prepare students for real life situations is the issue of great concern for ESP teachers especially in case of ME.

The International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW) has adopted the detailed list of the requirements an engineer should meet. The STCW Code requires "Adequate knowledge of the English language to enable the officer to use engineering publications and to perform engineering duties, effective communication also with a multilingual crew". The analysis of the requirements stipulated by the STCW Code allows instructors to prepare the list of authentic materials compulsory for studies.

The basic idea of any and all courses in ME is to help trainees to develop the communicative competence in English to a level that will enable them to satisfy the competences relating to English language set out in the STCW Code. The use of authentic materials is one of the sources of professional knowledge, the way to prepare seafarer for future activity, to develop the required skills and competence.

The standardized national and international requirements, the recommended "Model Course 3.17" give us references as for the materials to be used. Some of these materials are authentic, among them are texts of conventions, amendments to the resolutions, International regulations (texts), Check Lists (for seafarers), shipping industry magazines, etc. Besides the regulatory documentations, there are references to the text books, audio-video courses specially developed for seafarers and not authentic. All ME instructors are well familiarized with the Marlins course and tests (on-line), moreover for crewing companies these tests are a "must-do" item. It means we have a very rich spectrum both of authentic and non-authentic materials.

At the same time use of authentic materials in ME classroom can demonstrate the real-life situations ME is used, motivate learners and help them in developing communicative competence, thus preparing them for their professional activity.

Among the strengths of the authentic materials are: their authenticity, relevance to the professional activity of the target group. We work with senior students so they understand the importance of these materials for their profession, especially with the account of their competitiveness in effort to find a job. Unfortunately not all regulatory documents, papers, sources and materials are attractive to arouse interest but they are required to get the desired certificate of professional competence so it is very motivation increasing. Moreover the learners have their content area subjects where they study the same materials but in their mother tongue, so they have "at least some experience with the topic" or text, or other material(s). The mentioned content area subjects can be considered as a sort of "pre-activities" necessary to work with them during the ME classes.

The main idea behind implementation of these materials into ME course is to proceed from simple ones – to more complicated, thus increasing the level of difficulty from the learners' own or "slightly above their existing level" to the required one.

In case of printed materials their presentation is not very attractive but in terms of their usefulness they attract attention of learners, as these materials haven't been "specially done" to make the learners do something. It is very important as we have some very highly motivated learners, who are eager to acquire all possible knowledge, to find a good and well paid job after graduation from the University.

We don't think that regulatory documents, instructions and Check Lists, as well as other publications contain "a significant number of metaphors, symbols, idioms, hidden meanings". They contain well known (from content area studies in mother tongue, and pre-activities in ME), and some guessable items (lots of maritime terms are the borrowings from English into Ukrainian, similar pronunciation, meaning, etc.).

For seafarers to be able to communicate effectively one needs to be able to use and understand English in a range of situations. Any seafarer should be able to express himself clearly and appropriately in speech and writing, to interpret messages that he hears and reads correctly, to respond to these messages appropriately and comprehensibly. When a seafarer can demonstrate the ability to do this, he proves his communicative competence in English. Language skills required for seafarer refer to the four communication skills: listening, speaking, reading and writing. Therefore authentic materials should be used to develop these skills. Among them are various documents, instructions, regulations used on board and regulating ship's everyday operation: SOLAS, MARPOL, IBC-Code, Check-Lists,etc.

The use of a specific type of materials is stipulated by the logic of the course and the theme studied. For example, when it is "Ordering bunkers and taking them on " we need to revise the information contained in the appropriate "Bunkering Check List", our learners are to be able to read and understand the Check-list, to be ready to answer the questions.

The analysis of every theme studied supported by the regulations and information obtained from the content subject allows collecting a package of authentic materials and resources to be used in ME teaching.

And here are the examples of some resources, that can be used in ME classroom:

- the site specially designed for marine engineers and seafarers with links and references: http://www.dieselduck.info/
- maritime information website: www.marineinsight.com
- another resource which can be of great help: http://www.maritimetv.com/FeaturedContent/FeaturedVideos.aspx
- YouTube can also be used as a source of classroom materials.

In terms of World Englishes especially for seafarers it is also a good demonstration of

various pronunciation models which they also need to be able to understand.

Finally it should be reminded that the use of authentic materials cannot replace the recommended and mandatory text-books; it is rather time- and labor-consuming process. These materials require a thorough selection, planning and sometimes adaptation.

It is important to to use authentic materials in ME classroom to achieve the desired level of professional communicative competence of the maritime educational institutions graduates. Authentic materials can become an effective tool on the way of forming communication skills of learners, increase their professional language awareness, and introduce some specific features of their future profession. Authentic materials are "tailored" for the specific needs of learners, can add motivation to them, enrich the academic process, help to train well-qualified specialists.

REFERENCES

1. Guariento, W., & Morely, J. (2001). Text and task authenticity in the EFL classroom. ELT Journal, 55 (4). P. 347-353.

2. Jordan, R.R. (1997) English for Academic Purposes: A guide and resource for teachers. Glasgow: Cambridge University Press. P. 113-114.

3. Swaffar, J.K. (1985) Reading authentic texts in a foreign language: A cognitive model. The Modern Language Journal 69 (1). P. 17.

4. Peacock, M. (1997). The effect of authentic materials on the motivation of EFL learners, ELT Journal: English Language Teachers Journal, 51 (2). P.144-156.

5. Martinez, A.G. (2002). Authentic materials: An overview. Free resources for teachers and students of English. Karen's Linguistics Issues 6 (1). P. 1-7.

6. Widdowson, H.G. (1990). Aspects of language teaching. Oxford: Oxford University Press. P.

7. Tomlinson, B. (2012) Materials development for language learning and teaching. Language teaching. 45 (2). P. 143-179.

8. Carter, R., & Nunan, D. (2001). The Cambridge guide to teaching English to speakers of other languages. Cambridge University Press. P.68

9. Nunan, D. (1988). The learner-centered curriculum: A study in second language teaching. Cambridge: Cambridge University Press. P. 99.

10.Richards, J.C., Schmidt, R. (2002). Longman Dictionary of Language Teaching and Applied Linguistics. Third edition. Pearson Education Limited. P. 42.
11. Herod, L. (2002). Adult learning from theory to practice. Heinle and Heinle Publishers. Heinemann.
12. Thomas, C. (2014) Meeting EFL learners halfway by using locally relevant authentic materials. English Teaching Forum 52 (3). P.15.
13. The International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW). London, International Maritime Organization, 2000.
14. Maritime English. Model Course 3.17. (2001). London: International Maritime Organization.

УДК 811.11:656.611

Бияз С.Р , Никулина Е.Л.
National University “Odessa Maritime Academy”

Maersk Alabama

In April 2009 *Maersk Alabama* was sailing from Salālah, Oman, to Mombasa, Kenya, with 21 Americans onboard, including Phillips. On April 7 the ship was a few hundred miles off the coast of Somalia. The area was well known for pirate attacks, and Phillips had received warnings but did not alter course. In the late afternoon, the vessel was approached by several pirate boats that ultimately turned back without incident.

On the morning of April 8, the *Alabama* sighted a small speedboat carrying four pirates armed with AK-47s. The unarmed crew attempted to ward off an attack, shooting off flares and spraying fire hoses. the hijackers were successful on their second attempt. Despite the *Alabama*’s efforts to repel the pirates using fire hoses, “racing maneuvers” (swaying back and forth), and flares (fired by Phillips), the pirates eventually threw up a ladder and boarded the ship, taking the bridge. Somalis were able to board the vessel, marking the first time in some 200 years that pirates had set foot on a ship sailing under the U.S. flag. The crew managed to disable the *Alabama*, and most retreated to the fortified steering room. However, Phillips and several others were captured on the bridge.

When the pirate alarm sounded, Chief Engineer Mike Perry brought 14 members of the crew into a secure room that the engineers had been in the process of fortifying for just such a purpose. As the pirates approached, the remaining crew fired flares. In addition, Perry and First Assistant Engineer Matt Fisher swung the ship's rudder, which swamped the pirate skiff.[6]

Nonetheless, the ship was boarded. Perry had initially taken main engine control away from the bridge and Fisher had taken control of the steering gear. Perry then shut down all ship systems and the entire vessel "went black." The pirates captured Captain Richard Phillips and several other crew members minutes after boarding, but soon found that they could not control the ship.

pirates chose to leave the ship. The 53-year-old captain was taken hostage. As one of the sailors from Alabama said, one of the pirates was in the hands of the sailors, and it was supposed to be exchanged for Phillips, but the pirates violated the agreement.

Phillips with four pirates was on board an orange rescue boat, rushing to the shore.

the frigate Haliburton and the Boxer universal landing ship came to the aid of the captain. According to reports, the pirates demanded a ransom of $ 2 million for the release of Phillips. For several days, the ships chased the boat, an urgent situation occurred on Sunday evening: the snipers watching the boat saw through its porthole how one of the criminals aimed the machine gun at the hostage. Two other pirates at this time leaned out through the hatch of the boat. The commander of the special forces of the Navy decided that they need require quick and decisive action, and at 19:19 local time, snipers dealt with the robbers - one bulletfor each.

The captain turned out to be on board the Bainbridge, where he put himself in order, and then went to the nearby Boxer and underwent a medical examination there.

УДК 811.111: 656.61.08

Stas I. I., Kravets G.
National University «Odessa Maritime Academy»

10 Largest Ship Graveyards in the World

Where do all the ships go after their service life?

This frequently asked question, however, was offered a number of answers, suggesting a variety of ship disposal methods that have been used for a quite long time.

Graveyards were formed as a result of the deliberate disposal of the vessels, natural calamities and wars, among others. Thus, the phrase now refers to places that are created specifically for the purpose of a ship's decomposition and also the oceanic parts where ships have been stranded without any chances of getting rescued because of natural occurrences.
In addition, the places where a number of vessels have been purposely scuttled together, and have been sunk during naval battles also known as ship graveyards.

Contrary to its name, these kinds of graveyards on the seabed are now home to rich marine life, becoming an excellent destination for scuba divers and marine enthusiast. Sometimes, even ship breaking yards, where the vessels are dismantled or scrapped for recycling their metal parts, are also termed as ship graveyards.

Here is a list of such ten ship graveyards around the world. (Not according to any ranking system)

1. Bay of Nouadhibou

Located in Mauritania, this passage of water is regarded unequivocally across the world as being the world's largest ship graveyard.

It is said that more than 300 vessels can be found in this graveyard, both in the water and on land. However, unlike the other mentioned ship graveyards, the Bay of

Nouadhibou was used as a ship dumping ground mainly on account of the avarice of the Mauritian authorities who allowed uncensored dumping of ships in the Bay after receiving bribes.

Hundreds of ships were brought from all over the world to be disposed of in the area during 80's following the nationalization of the country's fishing industry. The popular wreck of the Bay of Nouadhibou ship graveyard is a reefer vessel named United Malika.

2. Aral Sea

The Aral Sea is a well-known graveyard of ships in the Eurasian country of Uzbekistan.

Once a thriving hive of fishing activity, the Aral Sea was reduced to a graveyard after the Soviet government decided to divert two rivers that fed the sea to irrigate the desert for cultivation, particularly of cotton.

The Aral Sea began to shrink in the 1960s and the body of water had split the lake into two separate bodies of water–the North and South Aral Seas- in 1987.

Following this, many ships were abandoned by its owners, leaving the fishing towns to become a ship graveyards.

3. Alang Ship Breaking Yard

The world's largest graveyard with respect to ship breaking in the Indian subcontinent, Alang in Gujarat, India, oversees ship dismantling for almost 50% of the world's vessels.

Located on the Gulf of Khambat, over a hundred yards along the beach in Alang dismantles vessels in different types and sizes, including car ferries, ocean liners, container ships and large supertankers, among others.

According to reports, over 6,900 vessels have been dismantled in these yards during the last three decades. These ship-breaking yards in India have a capacity to break at least 450 ships annually and dismantled a record of 415 ships in 2011-12.

On the other hand, as a storage facility for a variety of toxic wastes, these yards have polluted the beach and destroyed the marine life in the area.

4. Chuuk Lagoon

Chuuk Lagoon, also known as Truk Lagoon, is one of the largest ship graveyards under the water. A sheltered body of water in the central Pacific, Chuuk Lagoon represents Chuuk State within the Federated States of Micronesia.

The result of an allied attack on Japan's naval base in the South Pacific during World War II, Chuuk Lagoon has over 60 warships on the sea floor. The area surrounded by the wreckage has now become an array of marine life due to the presence of hundreds of species.

5. Landévennec

Mainly used by the French Navy, the ship graveyard in Landévennec consists of military vessels. The graveyard is basically a water cove created by the Aulne River about the Pen Forn point near Landévennec and has a depth of about 10 metres.

The naval history of the region goes back to around 1840 when a naval station was first established there to house reserve fleet vessels.

Currently, a number of naval vessels belonged to the French Navy, including the Soviet-built Komet and the cruiser named Colbert, rest in Landévennec.

6. Gadaniship-breaking yard

Located near Karachi, Pakistan, the Gadanibreaking yard is another biggest ship graveyard in the world. Stretches up to 10kn along the coast, this massive ship-breaking yard consists of over 130 ship-breaking plots.

The Gadani Yard, which provides employment to around 6,000 people, has an annual capacity of dismantling up to 125 ships. According to an estimate, the yard dismantles up to 100 ships a year into metal sheets and other re-usable parts.

At the yard, ships are being broken after they are run aground on the beach and dragged further when the weight of the disposed of vessel lessens.

7. Skeleton Coast

Located in Namibia, the Skeleton Coast is a ship graveyard that features the ghostly remains of vessels resting there for years. The Skeleton Coast originates at the mouth of the River Ugab and extends up to the River Kunene located near the border of Angola.

Known as the Skeleton Coast National Park (named in the year 1973), the ship graveyard is regarded by many as the world's largest graveyard of ships.

The occurrence of impenetrable fogs and storms has led to various ships being stranded causing it to become a vessel graveyard.

The name, Skeleton Coast, comes from the remains of the whale and seal bones that were littered in the coast by the whaling industry. In addition, the remains of stranded vessels in the coast also resulted in the popularity of the name.

8. Staten Island

The Staten Island graveyard in the United States is a well-known graveyard for tugs and barges. The most important feature of the Staten Island graveyard is that some of the tugs and boats' salvage rest here belong to the 20th century and it forms one of the most sought-after places for scuba-divers.

Founded by John J. Witte in the 1930s, this scrapyard has been recognised as an official dumping place for tugboats, barges and ferries in the US.

Other notable names of Staten Island graveyard include the Witte Marine Scrap Yard, the Tugboat Graveyard, the Arthur Kill Boat Yard, and the Donjon Iron and Metal Scrap Processing Facility.

9. Bikini Atoll

Located in the Marshall Islands, the Bikini Atoll is known for the naval vessels resting in its lagoons. The Bikini Atoll was a location of the United States' nuclear testing programme, which saw the sinking of 90 vessels between 1946 and 1958.

The ships used for testing in the seven test sites in the Bikini Atoll region include USS Pennsylvania, USS New York, USS Saratoga and USS Arkansas. Officially designated a ship graveyard by the US Navy, the Bikini Atoll is a UNESCO World Heritage Site now.

A very popular destination for researchers and scuba-divers, it has been recently found out that the coral reefs of the Atoll which had been completely destructed during the war-time are showing signs of re-growth and resurgence.

10. Olenya Bay

Olenya Bay, located on the Kola Peninsula in Russia, is home to the historic Soviet submarine graveyard. As an active military base during the Cold War, the bay witnessed the disposal of the submarines those completed their military duty.

The subs that are resting in the Olenya Bay's cemetery date back to the 1970s, during when the Russian shipyards were struggling to meet the Navy's requirements and didn't have resources to recycle the old underwater vessels.

However, many submarines disposed of in the Bay were dismantled and recycled later, especially during the 1990s.

Ship graveyards in recent times have come under the scrutiny of environmentalists and preservationists of the oceanic ecosystem and ecology.

Organisations like the Greenpeace are taking huge efforts to make people aware of the repercussions of such ship graveyards. In today's times, it needs to be noted that many shipping companies and government authorities make sure that the dismantling of a ship happens in dry docks.

However, those ships which are not disposed of in dry docks still do become a part of the ship graveyard chain. In order to protect the marine ecosystem from degenerating further, it is important and highly imperative that the usage of ship graveyards is restricted and curtailed.

УДК 811.111:656.61.086.2

Kovalchuk K.V., Shnurenko V.V., Kozak S. V.
National University "Odessa Maritime Academy"

Marine piracy in the waters of east Africa and crew's actions in the event of pirates attack

In total, 11 vessels were captured in the world. 212 crew members were taken hostage, and four were killed. Attempts were made to board 45 ships, 32 ships were attacked, 14 ships were fired - the latter is attributed to either Somali or Nigerian pirates.

According to the latest data, the number of cases of piracy at sea for the first quarter of 2012 decreased by 28% because, thanks to international naval patrols, the number of attacks in the waters of Somalia fell sharply.

The country's economy, formerly very backward, has now been completely destroyed. Industry is absent, medieval methods of livestock and fisheries can not provide food to the six million people of Somalia. Unemployment is 95%. If we add that over the years of wars in the hands of the population accumulated a huge number of weapons, it becomes clear where the pirates came from. Local leaders declared pirates fighters for justice, returning a small share of the unjust wealth of Europeans suffering Africa. Field commanders often themselves participate in pirate fishing, and some gangs call themselves "coast guard", which protects the country from poaching.

The International Maritime Organization (IMO) has identified two main situations that may arise when attacking pirates:

1) Pirates were discovered by the ship's personnel before boarding the ship

Pirates were found before boarding the ship: if the pirates did not request a ship to comply with radio silence, a message should be sent from the ship immediately with the category "Piracy / armed robbery attack" to nearby ships and authorities on the shore.

At the same time, all possible ways of message transmission should be involved: INMARSAT system, DSC equipment using the appropriate DSC distress frequencies, any other equipment using any distress frequencies.

2) Pirates landed on the ship unexpectedly, capturing hostages and threatening the violence / death of the ship's crew.

In the event that the requirements of pirates do not allow the ship to conduct any transmissions and the implementation of the recommendations outlined above can lead to physical violence / death of the ship's crew members, any such requirements must be met, because they may have equipment that can detect any radio signals, including signals from satellite equipment. Thus, in the event of an attack on a pirate ship, a message with the category "Piracy / armed robbery attack" is recommended only in circumstances where pirates on board have not been required to comply with radio silence.

During the attack:

Follow a pre-designed plan;

Activate the emergency communication and alert plan;

Contact UKMTO Dubai, MSCHOA and IMB;

Activate the alarm button;

If AIS was turned off, turn it on;

To announce the general alarm "Pirate attack" by voice and signaling;

On VHF to give a distress signal MAYDAY on 16 and 8 channels;

Send a distress signal by DSC (Digital Selective Calling) and Inmarsat-C;

Establish a telephone connection with the UKMTO.

The transmission of the indicated message should be carried out by pressing the hidden buttons located in at least three different places on the ship:

1) on the bridge;

2) in the captain's cabin;

3) in the engine room.

Pressing the button should cause the satellite terminal to automatically select the attack message and transmit it to the appropriate shore authority. To avoid false alarm transmission, a code sequence must be used to activate the button to prevent accidental triggering.

Maneuvering:

If possible, increase the speed to 15 or more knots and immediately start maneuvering with a zigzag (small flaps, large ones should be avoided due to speed loss). Take into account wind and excitement and maximally "substitute" pirates for wind

and excitement, as well as fore and aft waves. Give water to the hoses. Experience shows that the maximum attack time is 30 - 45 minutes, if during this time pirates can not land, they usually stop the attack. Trying to win the most in time - the military can get to the rescue. That part of the crew that does not participate in repulsing the attack must proceed to the "citadel".

If the pirates landed on the ship:

Before they get to the bridge, in time to warn UKMTO, MSCHOA and, if there is time, the company shipowner. Remember - no resistance to the pirates, this can result in beatings or even death.

If it is necessary to leave the bridge and the engine room, it is necessary to stop the engine and, if possible, steer the ship away from other vessels for the purpose of navigational security.

With pirates you need to behave calmly and fulfill all their requirements. It is advisable to collect the entire crew (except for the watch on the bridge) in one place. If people are in a "citadel" or other enclosed space, do not interfere with pirates when they are trying to penetrate.

In the case of military intervention:

DO NOT use photos, movie cameras and mobile phones with flash for the duration of the actions of the military. When the military is on board the ship and any military operations, the crew must lie on the deck, holding hands behind the head - nothing should be in hands, hands must be clearly visible. Do not make any sudden movements without the command of the military. The questions of the military should be answered immediately - to identify yourself and your position on the ship.

Bear in mind that there are many military men in the Gulf, whose spoken language is not English.

Presentation was prepared by the group 2351 Kovalchuk K. and Shnurenko V.

Thanks for attention, have a nice day :)

УДК 811.111:656.61.086.2

Timofeev N., Koblik V.V.
National University “Odessa Maritime Academy”

Future Technologies Of Maritime

The landscape of maritime is shifting with the rising tides of technology. The trends that are emerging are doing so out of necessity. Advances in shipbuilding, propulsion, smart shipping, advanced materials, big data and analytics, robotics, sensors and communications in conjunction with an increasingly skilled workforce are all having monumental shifts in how the maritime industry are approaching new challenges and opportunities.

The drivers for these technologies are balanced between environmental and commercial necessity. As a catalyst, environmental policies are fast tracking some of the developments to drive sustainability, and as a result have pushed for greater R&D (Research & Development) and adoption of tech to reduce GHG (Greenhouse

gases) emissions, and the benefits are clear. For example, hybrid propulsion has the potential to save 20-30% on vessel operating costs, all whilst reducing GHG emissions.

What are the future technologies of Maritime?

Regulatory changes and compliance are having a profound impact on the maritime industry, this is for certain. But what technologies are the leaders investing in for a sustainable and viable future of maritime?

According to the Global Marine Technology Report 2030, two technology landscapes will shape the future of commercial shipping with a significant impact on ship design and ship operation: the first technology arena originates from within the industry, as intense competition encourages technology sophistication and operational efficiency in order to gain commercial advantages. The second technology area comes from other sectors, as maturing technology is ripe for transfer to ship system design and operation to enhance safety, as well as financial and commercial performance.

Shipbuilding technology

Advancement in technology is key to the development of any industry. The shipbuilding industry is no exception. In fact, shipbuilding is changing at a rapid rate taking advantage of highly advanced technologies which aim to solve the issues such as environmental pollution, rising fuel costs etc.

Riding high on R&D activities, the shipping industry has developed some potentially revolutionary technologies. Mentioned below are seven important technologies which might help to change the future of shipbuilding.

1. 3-D Printing Technology: 3D printing technology makes it possible to construct real objects from virtual 3-D objects. This process is carried out by cutting virtual object in 2-D slices and printing the real one slice by slice. There have been several 3-D printing processes invented till date but very few are commercially affordable and sustainable. Currently, this technology is being used in industries to produce scientific equipment, small structures and models for various applications.

Recently, NSWC Carderock made a fabricated model of the hospital ship USNS Comfort (T-AH 20) using its 3-D printer, first uploading CAD drawings of ship model in it. Further developments in this process can lead the industry to use this technique to build complex geometries of ship like bulbous bow easily. The prospect of using 3-D printers to seek quick replacement of ship's part for repairing purpose is also being investigated. The Economist claims use this technology to be the "*Third Industrial Revolution*".

2. Shipbuilding Robotics: Recent trends suggest that the shipbuilding industry is recognizing robotics as a driver of efficiency along with a method to prevent workers from doing dangerous tasks such as welding. The shortage of skilled labour is also one of the reasons to look upon robotics. Robots can carry out welding, blasting, painting, heavy lifting and other tasks in shipyards.

Geoje shipyard in South Korea which boasts of launching around 30 ships a year, 68% of its production processes is carried out by robotic systems which contributed to achieve it such a high production rate.

Robot was first designed for welding process in shipyards but now inspection and pipe cleaning robots have also come. The most interesting one is spider robot which autonomously crawls over the surface of vessel and prepares surface for painting by blasting off rust and other contaminants. The 'Iron Man' wearable robot is also in fray which can enhance worker's strength and stamina. Hyundai Heavy Industries (HHI), which has developed mini welding robots, is set to use robotics in shipbuilding. These trends clearly suggest that the future of shipyards will be smart and digital.

3. Ballast Free Ship Design: The concept has potential to mitigate the problem of ballast water disposal which causes discharge of non-native species and creates several ecological problems.

The design has network of longitudinal pipes from bow to stern in ship's hull causing constant flow of local sea water which prevents transfer of contaminated water or water of one ecosystem to other.

Though this technology is in experimental and developmental stage, if it is successfully tested, then ballast free design is definitely going to be the future of shipbuilding.

4. LNG Fueled engines: Liquefied Natural Gas (LNG) surge in popularity as an alternate fuel for ships is visible these days because of its environmental friendliness. That is why, the market of LNG fueled ship engines is emerging and its prospects are high as well.

In the LNG engines, CO2 emission is reduced by 20-25% as compared to diesel engines, NOX emissions are cut by almost 92%, while SOX and particulates emissions are almost completely eliminated. Moreover, the new generation ship engines are strongly required in order to comply with the TIER 3 restrictions of 2016 by IMO. Therefore, LNG solution is the best at the moment and the industry realizes it as well.

The major ship engine designers, Mitsubishi, Wartsila, Rolles-Royce and MAN Diesel & Turbo, are busy in the technological development of LNG fuelled engines. Classification societies are also active in this regard and have issued "Rules for LNG for Ships". Recently, Deen shipping developed a 6,100 dwt dual-fuelled chemical tanker named 'MTS ARGONON' which is the world's first new-built LNG fueled tanker. Classed by Lloyd's Register, it sails on dual fuel, 80% LNG & 20% diesel.

Besides being an environmental friendly fuel, LNG is also cheaper than diesel, which helps the ship to save significant amount of money over time. Furthermore, LNG powered escort tug has been developed by BB with LNG engine support of Rolles-Royce marine. If these indications are anything to believe, most of the future ships will be LNG powered contributing in green shipping.

5. Solar & Wind Powered Ships: Imagine the situation when we will have finished all our reservoir of oil and gas; really horrible! Sailing ships, once used in past, are definitely not going to return but shipbuilding industry is trying hard to develop technologies to utilise renewable sources of energy (i.e, wind & sun) to run the ships considering today's challenges.

The world's largest solar powered ship named 'Turanor' is a 100 metric ton catamaran which motored around the world without using any fuel and is currently be-

ing used as a research vessel. Though exclusive solar or wind powered ships look commercially and practically not viable today, they can't be ruled out of future use with more technical advancements.

Recently, many technologies have come which support the big ships to reduce fuel consumption by utilizing solar panels or rigid sails. A device named Energy Sail (patent pending) has been developed by Eco Marine Power will help the ships to extract power from wind and sun so as to reduce fuel costs and emission of greenhouse gases. It is exclusively designed for shipping and can be fitted to wide variety of vessels from oil carrier to patrol ships.

6. Buckypaper: Buckypaper is a thin sheet made up of carbon nanotubes (CNT). Each CNT is 50,000 thinner than human air. Comparing with the conventional shipbuilding material (i.e. steel), buckypaper is $1/10^{th}$ the weight of steel but potentially 500 times stronger in strength and 2 times harder than diamond when its sheets are compiled to form a composite. The vessel built from this lighter material would require less fuel, hence increasing energy efficiency. It is corrosion resistant and flame retardant which could prevent fire on ships. A research has already been initiated for the use of buckypaper as a construction material of a future aeroplane. So, a similar trend can't be ruled out in case of shipbuilding.

7. Integrated Electric Propulsion: The integrated electric propulsion technology is an arrangement wherein gas turbines or diesel generators or both generate three-phase electricity which can be used to power electric motors which turn propellers or water jets. The system uses electric transmission instead of mechanical transmission which eliminates the need for clutches and reduces or eliminates the use of gearboxes.

Some of the advantages of using this technology are freedom of placement of engine, less noisy ships, reduction in weight and volume etc.

Warships of future like HMS Queen Elizabeth of Royal Navy and Zumwalt Class Destroyers of the US Navy will use the integrated electric propulsion.

The above mentioned are some of the most famous and talked about technologies will be used in shipbuilding processes in future.

Big Data Analytics

Data is the new most important element of the present era. With multiple sources pouring data in abundance, Big Data Analytics will be an essential technology improving the operations of shipping industry by deriving a correlation between the data collected from various sources (for instance oceanographic data, maritime accident data etc) and applying relevant and new algorithms automatically on the establishment of any correlation between pieces of information.

Green Technology

With the world's major industries dedicating the next decade for the reduction of their environmental footprints, the shipping industry will also have to watch out for the same. Green Technology can help the maritime sector to carry out its operations in a very cost-effective and environment friendly way. The latest alternative fuel-LNG is proving to be a smarter solution currently and may be the answer to the growing environmental risks caused due to the emission of hazardous gases during transportation.

Robotics

Robots are creating new waves in almost every other sector. In the coming days, we can expect the use of robots in commercial shipping for two main purposes- for handling assets, and for inspection and maintenance of the environments which are not safe for humans. Along with robots, we may also see the evolution and development of sensors and remote control technologies and their effective implications so as to reduce human interaction.

УДК 681.5:629.5

Khymchak M., Horbunov D., Tsybukh A., Nikulina O.
National University "Odessa Maritime Academy"

Means of wireless data interchange automation with using of PLCs

Abstract: The research of a standard features of the PCWorx integrated development environment application software for wireless data interchange automation between ship data transfer network and shore subdivisions is presented. Corresponding characteristics of embedded function blocks are analyzed.

Keywords: PCWorx, wireless data interchange automation, GSM/GPRS, function blocks.

In future cargo transferring methods will come to automatic vessels. In turn, they require high automation level, including round-the-clock control. Nowadays, development perspective of automation increases in all areas of manufacturing. Any working process requires permanent observation and control by a human. Any data and parameters should be sent from PLC (Programmable Logic Controller) to any system remotely. In this case we should attract wireless technologies. Today, the possibility of wireless data transfer can be included into the standard capabilities of the PLC [1].

Wireless transmission has several advantages:

- Wireless networks are cheaper to install and maintain;
- Data is transmitted faster and at a high speed;
- Reduced maintenance and installation cost compared to other form of networks;
- Wireless network can be accessed from anywhere, anytime.

In the last 10 years, PLCs have become quite popular compared to computers due to their undeniable advantages:

- Ease of programming in the plant;
- High reliability and minimal maintenance;
- Small physical size;
- Ability to communicate with computer systems in the plant;
- Moderate to low initial investment cost;
- Available in modular designs.

During the 1st semester of 2019/2020 academic year we studied an academic subject, called “Ship computers and computer networks”, where standard functions of Phoenix Contact controller family were considered.

The GSM/GPRS (Global System for Mobile Communications/General Packet Radio Service) function blocks allow to send and receive data and SMS messages via the GSM/GPRS mobile radio network with the speed up to 171.2 kbps. Using EDGE (Enhanced Data for Global Evolution) technology, the speed can be increased up to 473.6 Kbps. For most industrial applications, this speed meets the requirements of the transmission speed.

The following function blocks are available in PCWorx to interchange data and SMS via GPS/GPRS mobile radio network:

- MOBILE_CONNECT
- SMS_SEND
- SMS_RECEIVE
- S_MOBILE_SEND
- S_MOBILE_RECEIVE
- GPRS_CONNECT

This type of data transmission can be implemented on the controller from Phoenix Contact ILC 151 GSM / GPRS by using of additional broadcasters [2], [3].

Fig.1 Controller ILC 151 GSM / GPRS

The block MOBILE_CONNECT is used to parameterize and to switch on the mobile radio module in the controller. In addition, it provides information on the currently selected provider and the signal strength of the mobile radio module. Also the controller's mobile radio module can also be parameterized using PC WORX.

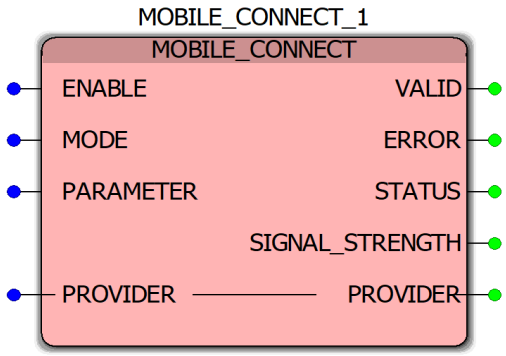


Fig.2 MOBILE_CONNECT_1 function block

This block provides four inputs and five outputs. Inputs are used for changing the parameters of module. Outputs are used only for indication. Every port receives and transmits information by using different data type. For example, enable port uses BOOL type of data. It means that this signal can be 1 or 0. But parameter port uses STRING type of data. A string is a data type used in programming, such as an integer and floating point unit, but is used to represent text rather than numbers. It is comprised of a set of characters that can also contain spaces and numbers.

SMS_SEND

The function block SMS_SEND is used to send an SMS message via the mobile radio module of the controller.

This block has a password function which is also included in SMS_RECEIVE block. Password is used for data protection.

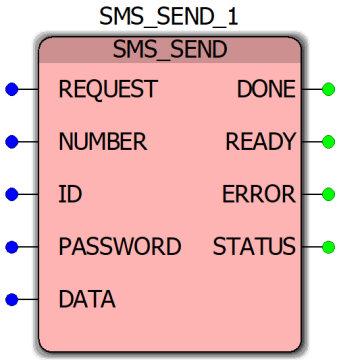


Fig.3 SMS_SEND_1 function block

SMS_RECEIVE

The function block SMS_RECEIVE is used to receive an SMS message via the mobile radio module of the controller.

As a safety function a password is implemented. This block can receive message from SMS_SEND block with the same password.

In addition to the mobile phone number, an address for the sender of the SMS message can be specified with a definable ID.

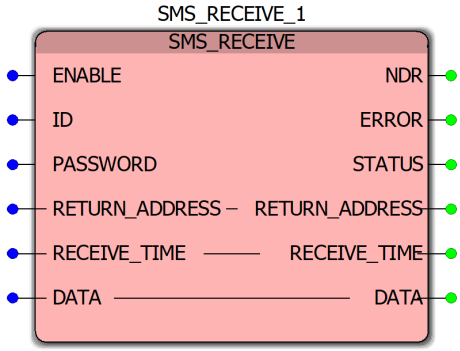


Fig.4 SMS_RECIEVE_1 function block

S_MOBILE_SEND

The function block S_MOBILE_SEND is used to send data in transparent mode via the mobile radio module of the controller and to pass AT commands to the modem, for example, for parameterization purposes.

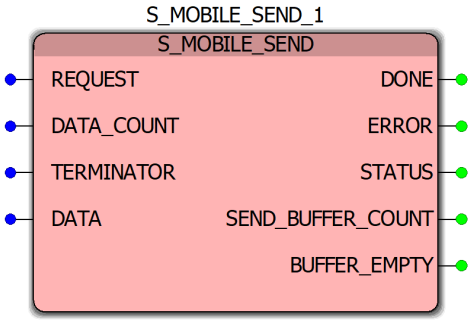


Fig.5 S_MOBILE_SEND_1 function block

S_MOBILE_RECEIVE

The function block S_MOBILE_RECEIVE is used to receive data from the mobile radio module.

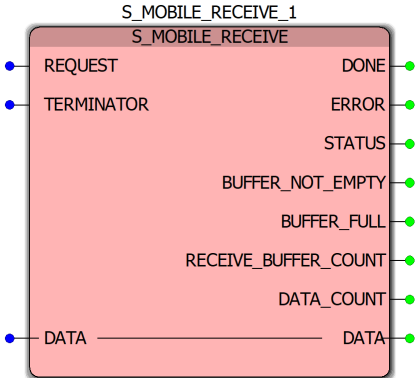


Fig.6 S_MOBILE_RECEIVE_1 function block

GPRS_CONNECT

The GPRS_CONNECT function block (GPRS General Packet Radio Service) is used to activate the GPRS context. Once activated, a TCP/IP connection can be established using the IP blocks [4].

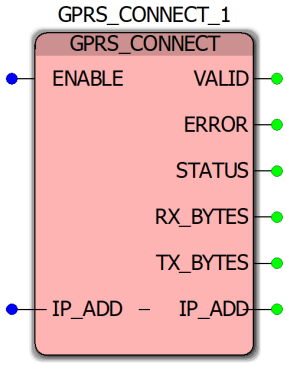


Fig.7 GPRS_CONNECT_1 function block

According to the research of MUNIN (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks), the connection of PLCs with the shore can be organized as shown in Figure 8 [1].

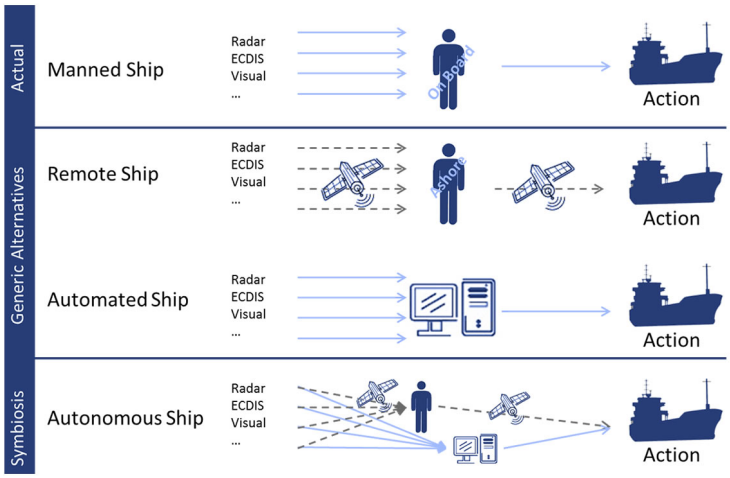


Fig.8 Organization of communication with and without intervention of a human operator on board

Summarizing, we can say that having the skills to handle the analyzed functional blocks, as well as the ability to work with the PCWorx integrated development environment software, today can be a tool for solving many tasks of the modern fleet.

LITERATURE

1. Maritime Unmanned Navigation Through Intelligence In Networks [Electronic resource]: http://www.unmanned-ship.org/munin/about/the-autonomus-ship/ (Access date: 28.02.2019);

2. Gorb S.I., Nikolskyi V.V., Shapo V.F., Khniunin S.H. Programming controllers in the integrated development environment: training manual. Practice. – Odessa: National University "Odessa Maritime Academy", 2017. – 164 p.;

3. Hassan Kaghazchi, Patrick Hofen, Cristian Madritsch, Wolfgang Werth, Viktoria Voropayeva, Reinhard Langmann, Yuliya Makarova, Jurgen Wilke, Ivan Levytskyi, Mykola Nykolaichuk, Rostyslav Skrypyuk, Leonid Zamikhovskiy, Pavlo Galkin, Sergii Gorb, Sergii Khniunin, Vitalii Nikolskyi, Vladlen Shapo, Olena Shaporina, Dominique Daens, Erwin Smet, Luis Sanchez Ruiz. TATU study book. Trainings in Automation Technology for Ukraine. Editors: C. Madritsch, W.Werth. – Villach: Carinthia University of Applied Sciences, 2017. – 211 p.;

4. Phoenix Contact [Electronic resource]: https://www.phoenixcontact.com (Access date: 28.02.2019);

.

УДК 811.111:[621.181:629.5

Шевченко Д., Домбровська С.А.
National University "Odessa Maritime Academy"

A Composite Boiler

The space of the boiler is not the most important part of the boiler plant of this type. A fuel-air mixture just enters this space, which during combustion generates heat and gives it to the medium, which in its turn flows through the pipes along the boiler circuit. This heated medium is thermal oil.

Thermal oil for ship boilers is more preferable than steam, since it allows you to get a sufficiently high heating temperature with a minimum working pressure. The circulation of thermal oil is provided by special circulation pumps.

Heavy oil burners also include: oil preheater, recirculation nozzle assembly, thermometer, heating cartridges (in the nozzle assembly, distributor piece, pressure switch and solenoid valve), filter, stainless steel hoses).

The safe and trouble-free operation of the plant depends on regular maintenance. The following measures to be taken and the periods at which they are made should be adhered to:

Heating medium: the heat transfer oil is to be checked regularly as to its condition and in order, to establish how longer it may be in use. After the initial starting up of the plant, the heat transfer oil should be examined after the period of 3 months, thereafter at intervals of one year (appr. 3000 operation hours). The samples of the oil to be examined should first be taken directly from the plant (e.g. from the boiler) and secondly from the expansion tank.

Proper and sensible operation of the plant contributes towards the long life of the heat transfer oil. For this reason, use only that temperature which is stated in the manufacturer's instructions. In general the lower the operating temperature is, the longer the oil will last.

The exhaust gas temperature should be checked daily. Should this temperature rise and continue to do so, this is a sign that the heating area inside the boiler is becoming dirty.

The correct functioning of measuring, regulation and control devices is of the utmost importance for the correct operation of the plant.

The circulation pumps should be checked daily for unacceptable heat loss, as well as the temperature of the motors. Should the pumps have a cooling system fitted, this system should be checked daily. Pump shaft gaskets and seals should be checked monthly and changed as necessary.

УДК 811.111:[629.5.068:621.1.038

Гугуєв А., Домбровська С.А.
National University "Odessa Maritime Academy"

A Distilling Plant

The most important goal for all ship constructors is increasing of efficiency of ship propulsion plant. One of the best way to improve this parameter is using energy of exhaust gases. In cylinders gases transmit some temperature to cylinder covers. High temperatures, pressures and reciprocating motions of the pistons can lead to cranks and to metal melting. To prevent this, every main engine on every vessel has special area in cylinder covers called a jacket. Water circulating in this area takes part of the heat. So this water in the end of the circulation line has the temperature near 80 degrees.

The smartest way to use this temperature is using this hot water as heating liquid in fresh water generator.

Everybody knows the temperature of the water boiling. It's higher than 80 degrees. But the seawater in the FWG boils at a temperature of 50 degrees. Distillating plant evaporates seawater in high vacuum to produce highly pure distillate.

The inside of the FWG is always kept at high vacuum by means of the water ejector. The seawater fed by the ejector pump drives the water ejector, and then enters the cooling pipe in the condenser where is used as cooling water. After taking heat away water is discharged overboard.

Jacket cooling water works as heating water (heater). It flows outside the heating tube and transfers waste heat to feed water (seawater) flowing inside the heating pipe.

From the generated vapor, seawater mist is separated by the deflector and mesh separator, and the vapor enters the condenser. Vapor gets in contact with cooling pipe and condensates. The resulting distillate flows into the pan. Separated sea water mist with non-evaporated water is named brine. This liquid is discharged overboard by water ejector.

The salinity of the distillate is continuously monitored with the salinity indicator. If the specified salinity level is exceeded, the solenoid valve in the distillate pump outlet line is actuated to automatically direct the salinity water back to the evaporator, preventing the high salinity water from flowing into the fresh water tank.

Cleaning the fresh water generator is one of the important factors of its continuous and proper operation. Removing scale from the heater and condenser should be done immediately when:

• Efficiency gradually decreased to 70% of nominal or less;

• The temperature difference between the inlet and outlet jacket water decreased to 70% of the nominal difference or lower;

• The salinity of distilled water increased rapidly and remained inconstantly for a long period of time.

There are 2 types of distilating plant cleaning: physical and chemical. Physical cleaning means washing equipment using rags and sponges. This way of cleaning is inadvisible, long and poor quality. This method leads to equipment downtime.

Another and more popular way is to clean the FWG with a chemical method, which is based on the circulation of the chemical mixture inside the heater and condenser. The chemical mixture is fed through a special adapter inside the evaporator, and comes out through the blow-down valve. The amount of circulating chemistry must be selected in accordance with the type of desalination plant. To clean the desalination plant of our vessel, 137 l of chemical cleaner is needed. At the end of cleaning, it is necessary to drain the chemistry and let seawater flow through the pipes of the FWG to completely clean the system of chemistry and scale. After that, the responsible engineer checks the condition of the distillating plant.

УДК 811.111:[621.56:629.5

Matiash A., Kozak S. V.

Refrigeration plant

Refrigeration of cargo spaces and storerooms

Refrigeration process system requirements: Refrigeration is a process in which the temperature of a space or its contents is reduced to below that of their surroundings. Refrigeration is used in the carriage of some liquefied gases and bulk chemicals , in air conditioning systems, to cool bulk CO2 for fire fighting systems and to preserve perishable foodstuffs during transport of foodstuff .

Ships refrigeration plant may vary from the small domestic refrigerating unit for provisions to large plant for reefer vessels. The Chief Engineer is responsible for the correct temperatures being maintained, delegating the good operations and maintenance of the plant to the 2/E. Larger plants may have a Refrigeration Officer. Machinery under ship's engineer responsibility may include:

- Domestic ref. plant.
- Cargo ref. plants
- Air conditioning plants
- Ventilation and heating plants
- Cargo refrigerated containers

All maintenance recommendations from the makers have to be carried out regularly and according to instructions, entered in the refrigeration maintenance log, together with the test of all cut outs, i.e. HP, LP, LO, HT, that have to be carried out at regular intervals, generally one month.

All adjustment must be made according to standard good practice and records of the same entered in the log.

Filter separators and driers should be regularly cleaned in order to have always the circuit moisture, dirty and oil free. When shutting down a plant all refrigerant gas must be pumped in the liquid receiver or condenser.

Four basic components of a refrigeration system

The four main components of a refrigeration system working on the vapour compression cycle are:

- The compressor

- the condenser
- the expansion valve
- the evaporator.

Compressor: The function of the compressor in a refrigeration system is to raise the pressure of the vapourised refrigerant, causing its saturation temperature to rise so that it is higher than that of seawater or an air cooled condenser. The compressor also promotes circulation of the refrigerant by pumping it around the system.

Condenser: The function of the condenser is to liquefy the refrigerant and sub cool it to below the saturation temperature by circulating seawater or air. Latent heat originally from the evaporator is transferred to the cooling medium. The liquid refrigerant still at pressure produced by the compressor passes on to the expansion valve.

Expansion valve: The function of the expansion valve in a refrigeration system is to regulate the flow of refrigerant from the HP side of the system to the LP side of the system. The drop in pressure causes the saturation temperature of the refrigerant to fall so that it will boil at the low temperature of the evaporator. The expansion valve controls the flow of refrigerant to the evaporator thermostatically.

Evaporator: The function of the evaporator in the refrigeration system is to cool the air in the fridge space. It does this because the temperature of the refrigerant entering the evaporator is lower than that of the air in the space and this causes the refrigerant to receive latent heat and evaporate. The evaporator normally has a fan to circulate the air around it.

Three desirable properties of a refrigerant are:

- Low boiling point
- low condensing pressure
- high specific enthalpy of vaporisation. (This reduces the quantity of refrigerant in circulation and lower machine speeds, sizes, etc).

The effects of insufficient refrigerant in the system are a low reading on the LP pressure gauge and a lack of frost on the suction pipe.

The high pressure (HP) cut out is fitted on the discharge side of the compressor in a refrigeration system. This will shut down the compressor in the event of an over pressure and can only be manually reset.

Details of refrigeration cycle

Refrigeration of cargo spaces and storerooms employs a system of components to remove heat from the space being cooled. This heat is transferred to another body at a lower temperature. The cooling of air for air conditioning entails a similar process.

The transfer of heat takes place in a simple system: firstly, in the evaporator where the lower temperature of the refrigerant cools the body of the space being cooled; and secondly, in the condenser where the refrigerant is cooled by air or water.

The pressure of the refrigerant gas is increased in the compressor and it thereby becomes hot. This hot, high-pressure gas is passed through into a condenser. Depending on the particular application, the refrigerant gas will be cooled either by air

or water, and because it is still at a high pressure it will condense. The liquid refrigerant is then distributed through a pipe network until it reaches a control valve alongside an evaporator where the cooling is required. This regulating valve meters the flow of liquid refrigerant into the evaporator, which is at a lower pressure. Air from the cooled space or air conditioning system is passed over the evaporator and boils off the liquid refrigerant, at the same time cooling the air.

The design of the system and evaporator should be such that all the liquid refrigerant is boiled off and the gas slightly superheated before it returns to the compressor at a low pressure to be recompressed.

Thus it will be seen that heat that is transferred from the air to the evaporator is then pumped round the system until it reaches the condenser where it is transferred or rejected to the ambient air or water.

It should be noted that where an air-cooled condenser is employed in very small plants, such as provision storerooms, adequate ventilation is required to help remove the heat being rejected by the condenser. Also, in the case of water-cooled condensers, fresh water or sea water may be employed. Fresh water is usual when a central fresh-water/sea-water heat exchanger is employed for all engine room requirements. Where this is the case, because of the higher cooling-water temperature to the condenser, delivery temperatures from condensers will be higher than that on a sea water cooling system.

Temperature Records

Temperatures of domestic refrigerated rooms have to be corrected daily by the 2nd Engineer or delegated Officer, passed to the Chief Engineer and to the Master. On larger plant suitable logs will be supplied in order to enter temperature of the cargo and all other relevant details.

УДК 811.111:[614.84:656.61

Черних І., Домбровська С.А.
National University "Odessa Maritime Academy"

Fire safety

Fire safety is a very important topic, because fire is the most frequent accident on board.

Most ship fires result from the carelessness or negligence of the ship's administration. With the proper implementation of existing fire regulations, fire can almost always be prevented.

There is a few types of fire:

-Class A. These fires are caught on solid substances such as paper, wood, plastic etc.

-Class B. These fires are caught on liquid substances such as oil fuel etc.

-Class C fires are fires of flammable gases such as propane, butane, methane etc.

-Class D fires are fires of **combustible metals** such as **magnesium, titanium, zirconium, sodium, lithium, and potassium**.

-Class E. These fires involve electrical appliances such as outlets, circuit breakers, or wiring.

For all these classes of fire there is some protective and fire fighting equipment. The most common is a fire extinguisher.

A fire extinguisher is a special device used to put out small fires. This active fire protection device is not used, however to put out out-of-control fires, but is only used for the purpose of putting out small level fires. Thereare several types of extinguisher:

Water Fire Extinguishers are used typically for Class A fires and are filled with water, pressurized with oxygen. This fire extinguisher works only for the type A fires.

A dry powder fire extinguisher is a multi-purpose extinguisher used for Class A, B and C fires. It is pressurized with nitrogen but special powders are also available for Class D metal fires. This versatile fire extinguisher is expensive and much more effective.

Foam Fire Extinguishers are filled with foam and are pressurized with nitrogen. They are only used for A and B type fires and can not be used on type E fires that involve electricity.

The carbon dioxide fire extinguisher is used to extinguish electrical fires, but it can also be used to extinguish Class B and C fires. This highly pressurized extinguisher contains carbon dioxide as its name suggest.

It is extremely important to check/test fire detectors on regular basis. Some of the main types of detectors used on ships are:

Flame detectors. Light produced by a flame has a characteristic flicker frequency of about 25Hz. The spectrum in the infra red or ultra violet range can be monitored to give an alarm. Oil fires generally do not give off much smoke and this type of sensor is preferred, especially near fuel handling equipment or boilers to give an early warning.

Heat detectors. Heat detectors are of various types such as rate of rise type, which has bi-metallic type detecting elements – a thick strip and a thin strip. The thin strip is more sensitive to temperature rise than the thicker one. If there is a sudden rise in temperature, the thin one bends faster than the thicker one, bringing both of them in contact.

During normal temperature rise both strips will deflect about the same amount and thus show no reaction. Normally if rate of rise is less than 10 degrees Celsius in half an hour, the detector will not give any alarm. If the rate should rise to 75 degrees Celsius, or more, the two strips come in contact, thus triggering the alarm.

Smoke detectors. There are two main types of smoke detectors used:light obscuration type and ionizationtype. However, liquid or gas fires may not give off smoke initially but will catch fire spontaneously. Thus smoke detectors are not effective for such fires. These detectors are mostly used in accommodation areas.

The best way to protect vessel from fire is to be attentive and careful and of course, never neglect safety rules.

УДК 811.111:621.431.7-028.27

Стащенко В., Нестеров Д., Домбровська С.А.
National University "Odessa Maritime Academy"

Introduction to MAN B&W Electronic Engines

Since the new standards of emission control come into force and the demand of more efficient usage of main propulsion engines on merchant fleet ships is becoming an urgent issue, the invention and introduction of Electronic Control Low-Speed Two-Stroke Engines on ships embodies the solution of the problem.

The implementation of Tier 3 level Control of NOx emissions and spring of ECAs requires more thorough control on the combustion processes that take place in an engine. The conventional Main Propulsion Engines with Camshaft drive of the auxiliary machinery of an engine, such as fuel booster pump and exhaust valve, don't give an operator the opportunity to control the fuel injection timing, exhaust valve opening and closing angles, the amount and angle when starting air is supplied to the cylinders.

So here comes principally new way of controlling these processes by already known means before - the hydraulic control of operating fuel pumps, exhaust valve opening and closing, and via solenoid valves the timing of starting air can be controlled within milliseconds. Since the electricity takes almost no time to be distributed along huge distances, the electromagnetic induction phenomenon is used to control pilot solenoid valves of the hydraulic units.

The introduction of electronically controlled starting air injection has allowed to increase the number of consecutive starts of an engine from 12 to 24. The electronic fuel injection control allows to make the combustion process smoother and decrease the shock load of an engine. Also the application of pre-injection and post-injection allows to let all fuel amount injected to the combustion chamber to be burnt, thus decreasing the amount of SOx and NOx junctions.

Furthermore, the employment of electronic control of engine cylinder lubricators allows more efficient usage and dosing of oil injected to the cylinder during processes. By the way, total base number of cylinder oil plays an important role in proper engine operation over long period owing to KOH particles that chemically interact with acid particles of the fuel, making the pH more neutral.

The introduction of Electronic control let us make engines more compact in comparison to camshaft-driven engines with tons of extra steel constructions that obstruct the maintenance of engine. There used to be special device that moves the camshaft when you need to reverse the engine during maneuvering on camshaft engines, whereas on electronic-driven The Tacho System is applied. It counts the revolutions of an engine as it has a couple of sensors at different crank angles.

This way, an electronic controller always knows the position of the crankshaft and can vary the injection of air at the engine start.

УДК 620.193:[621.181:629.5]-027.252

Savka O., Nikulina E.

Corrosion Prevention in Steam Boiler systems

1.Introduction

Most of Marine steam boiler systems operate using high quality supply from on board evaporator systems. This quality of water helps to greatly reduce the problems associated with scale deposition and overheating. The most common failure and repair issue is the damaging effect of corrosion. It is estimated that there are many cases of failure and repairs due to boiler system corrosion notified to Class Society's each year. The cost of boiler repairs due to corrosion can be in the order of $50,000 to over $1m, plus cost of time off hire. These significant costs often go unrecognized as many are covered by insurance claims.

2.Effects of Corrosion

In the steam boiler system, the primary routes for corrosion are due to the presence of oxygen in the feed, boiler and condensate waters and the risk of acidic type corrosion due to reduced pH in the condensate water. These types of corrosion are localized and aggressive and can quickly degrade metal pipework and lead to failure.

To control the risk of the corrosion we must take a quality approach to the problem:

- Assess the risk
- Select the optimum boiler treatment program
- Apply chemical application approach
- Implement a good monitoring and control scheme

3. Dissolved Oxygen vs Temperature

In considering the risk of corrosion, the primary factor to be understood is the amount of oxygen that is entering the boiler water system. Graph shows that this is related to the temperature of the boiler feedwater. It is important to maintain boiler feedwater temperature in the range from 85 to 95 oC to achieve the available dissolved oxygen within the confines of 2.3 to 1 ppm. We must take care not to have too high feedwater temperature as this may give rise to cavitation on the feed pump impellers.

Other methods of physio/mechanical treatment such as de-aeration can also be considered. Such equipment can reduce the dissolved oxygen level to around 0.01ppm. However, space restriction and cost usually limit installation on board.

4. Boiler treatment

The optimum treatment program should include a chemical oxygen scavenger to remove the remaining oxygen and have the property of forming a passive magnetite layer on internal metal surfaces, which provides enhanced protection against corrosion. A volatile amine treatment should also be selected which carries over with the steam and provides corrosion in the condensate system by raising the pH of the condensate water. Scale and Alkalinity control treatments are also used to maintain clean heat transfer surfaces and help with corrosion protection.

Table shows the properties of commonly available Oxygen Scavengers. Hydrazine and DEHA **(Diethylhydroxylamine)** (It is a volatile oxygen scavenger) are the most widely used because of the combined Oxygen Scavenging and Passivating properties. Major boiler manufacturers and Class organizations strongly recommend such technologies because of this dual activity.

6. **Chemical Application**

When the boiler treatment program has been selected, we need to consider how best to apply the treatment chemicals to the boiler system. The treatment chemicals should be applied in right time place and quantity

7. **Monitoring and Control**

Once the chemical treatment program is being applied, we must put in place a suitable monitoring and control program. This takes the form of a range of simple chemical tests that are carried out on water samples from the boiler system. Because we are dealing with a dynamic, high-pressure water system, it recommended that such tests are carried out daily. Results should be logged, monitored, and corrective action should be taken promptly.

Boiler manufacture advice on activities such as following:

Daily

Analyses of feed and boiler water.

Weekly

Skimming (surface blow down) according to analyses, but at least once per week (2 minutes with fully open valve). Blow down (bottom blow down) according to analyses, but at least once per week (each blow down valve 1 minute in low load condition).

Monthly

Check the functions for salinity and oil detection systems.

Every six months

The boiler water side (interior) must be carefully inspected at least twice a year.

Yearly

Check of the water side of the boiler and hotwell/deaerator for corrosion and scaling.

Check the chemical pump unit.

УДК 656.61.085.5/6–111 (045)

Isarev I. I., Shalyov A. S.
National University "Odessa Maritime Academy"

Fires on the ship

INTRODUCTION

‘Fire on board ship is one of the most serious risks for property and people, as well as for the environment. A ship is evidently a subject to the same kind of risks with regard to fire as a civil or industrial land structure’ [1]. On board ship there are

tons of liquid fuel, electrical equipment, air-conditioning plants, engines, boilers, stores of flammable material and crew accommodation areas (kitchens, mess rooms, lounges, cabins, WCs). To all this we must add the load, which in cargo vessels consists of a high percentage of solid and liquid goods that are flammable or at least combustible, and often of a dangerous nature. In passenger ships the load consists of accommodation and entertainment facilities for the passengers and, in ferries, of a large garage for motor vehicles. 'Offshore rigs and tanker storage ships are essentially oil plants' [3].

A ship, however, by her very nature, is bound to spend the greatest part of her working life at sea where, in the event of a fire, difficulties related to the meteorological and maritime environment coexist with the need to cope with the emergency, in conditions of limited space and without the possibility of immediate assistance in terms of personnel or facilities to combat the fire and to assist casualties, who may be burned, poisoned or traumatized.

'Thus, a fire on board ship during navigation represents an extremely high-risk situation which may cause physical harm or death to passengers, and loss of the ship or considerable damage to her structures and equipment. Furthermore, when the ship is carrying mineral oils, chemical or gas products, gases will certainly escape into the atmosphere and very probably liquids and solids harmful to the environment will be spilt into the sea' [2]. When the ship is unable to manoeuvre because of the damage she has sustained, especially in narrow waters, she may run aground so that mineral oils from the ship's fuel or the cargo are spilt into the sea. When the wrong rescue methods are employed, for example the indiscriminate use of large quantities of water, the ship may be lost as a result of instability, and not because of the fire.

FIRE-FIGHTING AND FIRE SECURITY

1. Passive defence, in terms of the fireproof compartmentalization of the ship, the use of fire-resistant material, improved electrical installations, fireproof air conditioning/refrigeration/ventilation plants, proper stowage of combustible materials in relation to their flash point.

2. Active protection, in terms of fire detection and localization devices, automatic extinguishers of various types (sprinklers, sprays, and equipment using inert gas, $C0_2$, foam, halogenated liquids), mobile equipment for the use of the ship's fire-fighting squads (portable extinguishers, fire hydrants, foam extinguishers), and fire emergency training.

'All these precautions are agreed upon and established by the International Maritime Organization (IMO) through international conventions, which are obligatory for all ships flying the flags of countries belonging to the convention, and through resolutions or recommendations providing guidelines, which, however, are not binding for the national legislation of other countries' [4].

THE FUNCTION OF THE INTERNATIONAL CONVENTIONS AND OF NATIONAL REGULATIONS

'At present the 'Safety of Life at Sea – 1974' Convention (SOLAS) is in force, of which chapter 2 establishes merchant ship passive and active defence criteria. It should be borne in mind that the SOLAS regulations are scarcely ever retroactive, i.e. they are applied — especially when introducing new shipbuilding criteria — on-

ly to ‘new’ ships’ [1]. This explains, though does not justify, why it is mainly ‘old’ ships that are liable to fires. SOLAS 74 provides for obligatory programmed maintenance of all fire-fighting equipment for active defence and for maintenance in a state of working efficiency of all material for active or passive defence. All ships are subject to initial and periodic checks to ensure proper observation of the national and international navigation safety standards, including fire precautions. These checks are carried out by the maritime authority of the ship’s flag state, which is responsible for issuing the relevant certification.

CONCLUSION

The main problem in fire prevention, fire-fighting and safety on board ship is that of knowing the ‘enemy’, i.e. fire, and the environment where it flourishes. This requires on the one hand technological means of reducing to an absolute minimum the possibility of fire breaking out and limiting its capacity to spread, so that there can be automatic intervention, and on the other hand proper training of fire-fighting and fire-prevention squads. Numerous papers have already been published on this subject and all have one aspect that is worth underlining: all the regulations, as they have been updated over time, have aimed to improve the standards in two mentioned above respects.

LIST OF USED LITERATURE

1. English for Marine Electrical Engineers : навч. пос. – Sevastopol : Transcontract, 2009. – 193 с.
2. *[Electronic resource] :* https://shipinsight.com/articles/fighting-fires-on-ships – Назва з екрана.
3. *[Electronic resource] :* https://www.agcs.allianz.com/news-and-insights/expert-risk-articles/container-ship-fires.html – Назва з екрана.
4. *[Electronic resource] :* https://en.wikipedia.org/wiki/Fire_ship – Назва з екрана.

УДК 629.5078=111 (045)

Voynorovich M. R., Shalyov A. S.
National University "Odessa Maritime Academy"

High voltage systems

INTRODUCTION

Nowadays, the usage of high voltage (HV) electrical systems on ships is a frequent occurrence. Normally, a low voltage system is common on board of merchant and other types of ships (220V; 440V). However, the owners and designers aim for bigger ships for more profitability. As the ship size increases, there is a need to install more powerful engines and other machineries. But rising demand for power due to heavy consumers on new ships require an efficient and surplus power supply. The answer is an HV system. HV systems are mainly used on ships with a single power station and electric propulsor (a main electrical propulsive plant). HV systems are most often used on cruise liners, icebreakers and special purpose ships.

WHAT IS HIGH VOLTAGE?

In the marine field: ‘Voltage below 1,000 V/AC is called a low voltage, and voltage above 1,000 V/AC is called a high voltage.’; ‘3,3 KV (3,300V), 6,6 KV (6,600V) and 11 KV (11,000V) are the typical HV systems’ [1].

NECESSITY AND ADVANTAGES

Large electromotive plants consume a lot of electricity, which means very high currents. So, first of all, HV is necessary to reduce the currents of the main diesel generators on MSB (main switch board) buses. The higher the voltage, the lower the current. This is done in order to reduce damage in case of short circuit because if you do not reduce the currents (in other words if you use a low voltage instead of high voltage), and a short circuit occurs then the main propulsion system will be strongly damaged, and the electrical equipment and feeders to which they are connected will simply burn out (transformers and generators will also suffer).

Below there are some advantages:

1. Low currents reduce the loads on the main switchboard buses.
2. High voltage machineries have much reduced size and weight compared to the same power low voltage counterpart.
3. Using electric propulsion further reduces engine room size, there is again more cargo space and reduced fuel consumption.
4. Reduction in size of generators, motors, cables etc.
5. Ease of installation due to the use of a single power system and reduced installation cost.
6. Conductor size is reduced due to low current flow in high voltage system, means reduced copper requirement and low cost.
7. In a high voltage system, copper or I^2R losses are much reduced when compared to a low voltage system, as the current flow is less.

For instance: if the voltage is 400 V, the current produced is 3,300 A and if the voltage is 6,600 V, the current produced is 220 A only, for the same power.

SAFETY WORK

Now, let us talk about how maritime engineers should work with HV systems and what precautionary measures they must follow. HV work always means high safety requirements. For any person doing electrical work on a HV system, the main hazard or danger is an HV electrical shock. Unlike low voltage, any contact, even the shortest one with a HV network can be fatal. The first safety procedure starts upon joining of the crew members the board ship. All engine room staff is instructed about HV safety work. ‘Training will also need to be given to non-technical personnel to ensure everybody is aware of the dangers of these higher voltages’ [2].

Basic and the most important safety work procedures are ‘Switching procedures’ [3]. That means, that the power plant you are going to work with (repair/maintenance/overhaul), must be de-energized.

Switching procedures have 5 main steps:

1) Turn off the equipment (power off).
2) Disconnect the circuit from the power source (isolate).
3) Prove de-energizing (dead).
4) Block the circuit from being switched on again (lock).

5) Ground the circuit (ground).

Now let us use orders at the beginning:

1. Power off. The very first and common thing you should do, is to turn off the plant (if it is working).
2. Isolate. The second step you must do, is to isolate the circuit from the power source. You can do it right on the HV switchboard. On the ships with low voltage systems, the first 2 steps are enough for safety work.
3. Prove dead. You must prove to yourself and to the Chief Engineer and Chief Electrical Engineer that the plant you are going to work with is isolated so the work will be safe. It can be done with the help of special devices.
4. Lock. After isolating, you must prevent accidental inclusion by anyone. For that purpose, locking devices are hanged on circuit breaker panel.
5. Ground. And the last step is grounding. You must ground the circuit on the circuit breaker panel.

CONCLUSION

High voltage systems as well as single power plants are increasingly used on modern merchant, passenger and special purpose ships. Nowadays, the use of HV systems has become a necessity in many cases. HV systems have got a lot of important advantages such as: ease of installation, lower costs, lower electrical losses, reliability and efficiency. However, this system has one big disadvantage, and this is the danger of working with high voltage. Therefore, it is very important that all personnel are highly qualified and carry out all safety precautions and procedures at all times, and under any circumstances. 'It is essential that all Marine Engineering personnel are trained in safe working practices for these voltages' [2].

LIST OF USED LITERATURE

1. A review of measurement and analysis of electric power quality on shipboard high voltage system networks. Renewable and Sustainable Energy Reviews. September 2016. – 19 p.
2. Janaka. High voltage systems and their development in marine field. Hindustan Institute of Maritime Training. – Chennai, 2018. – 17 p.
3. *[Electrinic resource]* : https://marineengineeringonline.com/high-voltage-system-ships/ – High Voltage System on Ships
4. *[Electrinic resource]* : https://www.marineinsight.com/marine-electrical – Reasons for Using High Voltage Systems On board Ships
5. *[Electrinic resource]* : https://dieselship.com/marine-technical-articles – Ships High Voltage Systems

УДК 811.111:[621.436:629.5

Konoval O., Kravets H.
National University “Odessa Maritime Academy”

Marine diesel engine from MC to ME

Nowadays ship industry is evolving with unbelievable speed, but the main jump was achieved by invention of electrically controlled engines. I have had a working experience of such an engine and would like to tell you discrepancies between classic and electrically controlled engines on example of MAN B&W MC and ME types of engines.

At first, there is no camshaft in ME type of engines. Camshaft was changed to hydraulic oil distribution system, which led to the new types of high-pressure injection pumps. So, how does this hydraulic distribution system work? There are axial piston hydraulic pumps which are engaged to crankshaft by chain and create oil pressure, about 250 bar, for each unit of main engine, each unit consist of high pressure fuel injection pump, exhaust valve actuator, alpha lubricator, accumulators to maintain pressures on hydraulic line and special FIVA (fuel injection valve actuator) which controls where should hydraulic oil pass and in which time, to fuel injection pump or to exhaust valve actuator.

At second, there is no fuel racks on ME type, injection of fuel is controlled automatically and can be changed by the opening time of FIVA on unit. Amazing thing that this and many other processes can be controlled directly from control room by using MOP (main operating panel).

The main advantage of ME type to MC it is that every parameter and processes can be monitored and controlled, so the efficiency of engine can be used at maximum level and working process for engine crew can be eased. Responsible engineer can change any parameter in main engine system even not touching the engine and any malfunction can be found by analysis of inappropriate readings in system or by giving alarm on MOP. The solenoid valves of the electronic/hydraulic units are controlled by a computer system. The tacho system continuously transmits a crankshaft position signal to the computer system.

To sum up, I want to say that electrically controlled engines are the next step to the fully automatic engine room and great step in providing next level safety to the ship.

УДК 811.111:[621.181:629.5]

Sobolevskyi N., Boshtan I., Bogomolov O.
National University "Odessa Maritime Academy"

Marine Boiler Operating Principle

Boiler is one such machinery, which is being used on board ships from the very early days of shipping when there were no propulsion or power generating auxiliary engines.

During that time, boiler was used to do all the major works on ships that present day propulsion and power generating systems do. With evolution of technology, a variety of machines took over the important jobs on ships; however, advanced boilers are still an important part of the engine power plant and cargo operations.

Principle of Working: The marine boiler works on a simple principle of change in state of water from liquid to vapor form by utilizing the heat energy. The water is boiled in an enclosed pressure vessel so that the steam generated is not lost to the atmosphere. The heating source is enclosed in an insulated furnace to ensure that the heat energy is transferred mainly to the water and not to surrounding area.

A variety of boilers are used on ships, depending upon their size and type. The most common types of boiler installed on board are:

Smoke Tube Boiler

As the name suggests, the heated smoke generated in the boiler furnace is passed through several tubes surrounded by water in the boiler drum.

The heat of the smoke in the tubes generates the steam. The smoke tube boilers are used in a system with less steam quantity and quality. In a ship, a smoke tube boiler can be described as – horizontal or scotch boiler and vertical smoke tube boiler. [1]

Water Tube Boiler

The **working principle of water tube boiler** is thermal siphoning (circulation of natural water). Basically, this type of boiler includes two drums called steam and lower or mud drum.

These two drums are connected via two types of tubes such as downcomer and riser. At first, the water is supplied into the steam drum with the help of a water pump. Whenever the fuel is burned, then hot gases will be generated that are permitted to supply in the shell part of the boiler. The hot gases which are produced by the fuel will transfer heat to the water; the water gets changed into steam. Since the water temperature increases, the concentration will increase too automatically.

Clearly, the concentration of steam will be lesser than the water. Thus in the steam drum, the water, as well as steam, gets divided obviously due to variation in concentration. Here the traveling of steam will be upward because of low concentration as well as water will travel downward because of high concentration. [2]

Exhaust Gas Boiler

The exhaust gas boiler and economizer are heat recovery units and types of water tube boiler. The flue gases from the exhaust of the engine are used to heat water in the tubes at a specific temperature and limited pressure loss.

A circulation pump is used to continuously circulate the hot water in the water tubes of the economizer.

The auxiliary steam boiler serves as a steam separator for the entire system and is thus kept hot and ready to start instantly.

The excess steam produced by the economizer when the main engine is running at high load, is dumped back to the hot-well using a steam dump condenser.

The exhaust boiler is provided with a vertical register of double steel tubes having steel gills welded on the tube. This provides a strong rigid structure and also assists in preventing damages caused by vibrations.

Since hot gases flows from the boiler trunk to heat up the water, the complete exhaust boiler is prone to thermal expansion, which is controlled by fitting various tubes and plates.

Composite Boiler

Another most common type of boiler found on ships is the composite boiler, where the exhaust heat of the main engine or generator engine is used to additionally heat the water or generate the steam. Technically, composite boiler is an integration of exhaust gas boiler and oil-fired boiler.

A composite boiler can be a water tube or a smoke tube boiler divided in two different sections. One section of the boiler is heated by the burner and the other by the exhaust gases produced by ship's engine. [1]

Thermal Oil Boiler

A thermal oil boiler fires through a helical coil and generates energy from the hot products of combustion. This, by heating the coil through radiation and convection.

The coil heats the thermal oil or fluid that is pumped through the thermal oil boiler. The thermal oil heats coils in various types of heat users. Unlike a water or steam boiler, this heating process does not heavily pressurize the system.

Thermal oil systems are superior to water boiling systems

A thermal oil boiler is nearly always cheaper to operate and maintain than water boilers. High pressures required to operate water and steam boilers makes them far more hazardous than thermal oil boilers. Other noticeable advantages with thermal oil systems are the lack of corrosion, lime deposits and scale that are common with heated water or steam boilers thus raising the operating costs of a water boiler considerably. Also, thermal oil boilers do not require makeup water or efficiency draining steam traps.

With thermal oil systems, the user is given the capability of high-temperature operation (up to 600F with organic thermal oils and 800F with certain synthetics) at quite low pressures. Due to the low operating pressure and properties of thermal fluids, most heaters are built to the specific standard called ASME Section VIII, Div. 1. A licensed boiler operator is not typically required.

Thermal Oil Systems Go By Various Names

Many people around the world refer to these systems by different names. Thermal oil heater, thermal oil system, thermal oil boiler, thermal fluid heater, thermal fluid system, thermal oil boiler, thermic fluid heater, hot oil heater, hot oil system, and hot oil boiler. All of them refer to the same type of closed loop liquid phase heat

transfer system. And many people use the terms thermal oil boiler or thermal fluid boiler even though most systems do not involve any type of vaporization.

Heat Transfer Fluid Systems

Filter housing with isolation valves and pressure gauges that become a value added option for thermal oil boiler process loops

Heat transfer fluids are typically circulated through a wood, gas, oil or electric heaters. Thermal oil is pumped by at least 2 pumps. The fluid is heated by direct contact with the heater element, pumped to the process heat user and returned back to the heating system. This is a continuous process and many plants operate continuously. Organic heat transfer fluids generally are stable if operated below their thermal stability limit (TSL) and not contaminated by agents from outside of the system. Occasionally, overheating and contamination occurs, causing the formation of carbon insolubles that deposit on system surfaces and foul heat transfer surfaces. Sedimentation of solids can cause pipes and valves on the system to get plugged. Fouling reduces overall heat transfer system efficiency, increases wear of dynamic seals and can even cause burnout or cracking of the heater surfaces. [3]

References

1. Types and working of marine boiler [http://mirmarine.net/stati-na-anglijskom/marine-boiler/692-types-and-working-of-marine-boiler].

2. Water Tube Boiler – Working Principle, Types of Water Tube Boilers [https://www.elprocus.com/water-tube-boiler-working-principle-types-of-water-tube-boilers/].

3. How the thermal oil boiler works [https://www.lps-filtration.com/how-the-thermal-oil-boiler-works/].

УДК 811.111:629.5.06

Smyrnov M., adviser Kozak S. V.

Marine hydraulics

Basics of hydraulics

Hydraulics is the generation of forces and motion using hydraulic fluids which represents the medium for the transmission of power. Hydraulic systems are extremely important for the operation of heavy equipments.

The basis for all hydraulic systems is expressed by Pascal's law which states that the pressure exerted anywhere upon an enclosed liquid is transmitted undiminished, in all directions, to the interior of the container. This principle allows large forces to be generated with relatively little effort.

In a basic hydraulic circuit, the force exerted by a cylinder is dependent upon the cylinder bore size and the pump pressure.

Elements of a hydraulic system

Five main categories of equipment to achieve power transmission in a hydraulic system are:

1. The hydraulic pump to convert mechanical into hydraulic energy.
2. Valves to allow this hydraulic energy to be controlled.

3. Hydraulic cylinders to convert the hydraulic energy into linear force and motion.

4. Hydraulic motors to convert the hydraulic energy into continuous rotary motion.

5. Ancillary equipment including filters, heat exchangers, tanks, pipes, etc.

The advantages of hydraulics

1. Transmission of large forces using small components which mean great power intensity;

2. Precise positioning;

3. Hydraulic system delivers consistent power output which is difficult in pneumatic or mechanical drive systems;

4. Startup is feasible under heavy load;

5. Even movements are possible independent of loads, since liquids are scarcely compressible and flow control valves can be used;

6. Good control and regulation;

7. Favourable heat dissipation;

8. Possibility of leakage is less in hydraulic system as compared to that in pneumatic system;

9. Ease of installation, simplification of inspection and minimum of maintenance requirements;

10. Hydraulic system uses incompressible fluid which results in higher efficiency.

The disadvantages of hydraulic systems include pollution of the environment by waste oils (danger of fire or accidents), sensitivity to dirt, danger from excessive pressures (severed lines), and dependence on temperature (change in viscosity).

Uses of hydraulics in marine systems

Marine hydraulics has become one of the most used power- and torque delivery systems, primarily due to the highly efficient transfer of large both linear and rotary forces and torques. Listed below are some of the uses of marine hydraulic systems:

Deck Machineries: deck cranes, winches, mooring drums, windlass, capstans, emergency towing arrangements, hatch covers, and other similar equipment. All these machineries have very simple and basic hydraulic systems involved in smoother and heavy duty operation.

Engine Room Applications: with the hydraulic tightening, it is possible to hold the cylinder heads, entablature, and bed plate together. Thus, to perform maintenance and repair operations, it is necessary to use hydraulic pumps and jacks.

Ship Stability: some ships have fish like fins called stabilizers that act as a resistance against rolling. These operate under high hydraulic oil pressure and thus reduce rolling to very great extent, making the life on board a ship more comfortable.

Bow and Stern Thrusters: a bow and stern thruster is a propeller which has a transverse axis of rotation instead of longitudinal axis. To alter the pitch of these thrusters, hydraulics is used, and they perform a very precise and accurate control, thus enabling the ship to maneuver easily.

Steering Gears: as the size of ships increased, mechanical and other means of steering experienced problems, and, thus, electro-hydraulic steering gears are being used.

Maintenance of hydraulic systems

It is essential that operating oil (hydraulic fluid) contained within hydraulic systems is maintained in a clean condition. Failure to do so will result in poor operating performance, component failure and increased maintenance. Dirt is the worst enemy of any hydraulic system not only the oil but the total environment in which the system is sited must be kept spotlessly clean. Hydraulic station rooms are not be used as storage areas for other items which are not associated with the plant. When in operation, the hydraulic plant is to be regularly checked for:

- External leakage;
- Contamination;
- Damage;
- Noise Level;
- Instrument level;
- Temperature;
- Oil levels;
- Accumulator pressure;
- System pressures.

Summary

- Hydraulics is mechanical function that operates through the force of liquid pressure.
- Hydraulics has plenty of advantages over other methods of operation.
- Hydraulic systems are extremely important for the operation of heavy equipments.
- Hydraulic machinery are widely used onboard ships on deck and in engine room.
- One of the main point in maintenance of hydraulic systems is hydraulic oil cleanliness.

УДК 811.111:621.431.7

Olefir M., Nikulina E.
National University “Odessa Maritime Academy “

Turbocharger . Construction ,operation and common problems.

To begin with , the appointment of installation of turbocharger on an engine is multipurpose . Main goal is to supply fresh air in combustion chamber to create Fuel- Air mixture . Second purpose is to raise efficiency of propulsive plant by excluding auxiliary compressor from the system . Also turbocharger helps us to reduse consumption of fuel which leads to reducing air pollution . To increase the outlet power of engine without changing it size .

To be short , marine turbocharger consists basically of 4 main parts . First one is a compressor blower which sucks air from atmosphere and provides it to air receiver

and then to each cilinder . Wool-like material filter is located around compressor to purify inlet air . After passing through it air get rotated by impeller which radially pushes working body throught diffuser . Those orifices help to turn kinetic energy to pressure . Before getting to the cylinder the air should be cooled down . This is a purpose of air cooler where air heat is absorbed by sea or fresh water . This process helps to reduce air temperature to 50 – 60 degrees .

Second main component is a shaft wich cares on bearings (usually it is a boll or roller type). Shaft transmits rotation moment from turbine to compressor . For cooling down the shaft, oil with temperature is about 40 degrees , circulates in the system. It lubricates only bearings and rotor.

Rotating moment is produced by turbine which converts exhaust gas pressure in kinetic energy by nozzle ring . This process happens in exhaust trunk . But gasses do not disappear , that is why trunk is connected to ship funnel.

Last component of turbine is casing of turbocharger . It is just a way to connect turbine to the system .

Usually blades of turbocharger are fixed , but nowadays variable geometry turbochargers exist . Variable angles make it possible to adjust exhaust flow on turbine . It helps to control the volume of the air along with fuel on wise range of rotations . Movable vane adjusted by control ring which connected to electric motor with reduction gear . Position of blades is changed automatically . It helps to achieve lower emission of CO2 and deposits of soot.

Like any other unit , machinery or equipment turbocharger has problems and instruction of troubleshooting .

First one and the most common is the surge . It can be discovered while periodic observation of engine room . The signs of surge is abnormal vibrations , noises and reducing of pressure and engine output power . Surge in turbocharger can lead to damage of nozzles , blades , bearings and shaft .All of these can become a reason of bigger damage of whole engine . The nature of this problem can be described as disruption of air flow . But the range of reasons of surge is really wise . Usually gas part can be coked (natural for specific time period). In that case crew should dismantle turbocharger and put turbine in water or acid bath and while soot gets dissolved nozzle ring should be cleared .

Second problem that should be mentioned is the rotor wear . It happens , for example, when there is dirt in oil . If this has not been discovered in time , turbine or compressor can get in contact with casing . This contact will defiantly damage the blades . As a result crew should change filters , check condition of oil and periodically wash oil channels .

As maintenance of turbocharger should be mentioned dry cleaning with coconut shavings that helps us to clean blades from some amount of soot without dismantling . Everything else is common thing as changing of bearings and rings .

УДК: 811.111:629.563.424

Мазур А.В., Дудник Н.В., Циновая М.В.

Dredge Yard

MAIN FEATURES

- Easy to use dredger controls
- Powerful Caterpillar engine
- Efficient underwater pump
- Fully equipped control cabin
- Removable cutter teeth/knives
- Compact and easy to transport
- Various customization options

DREDGER TYPES

Auger Dredger ECO 200

Auger Dredger ECO 200 (8 inch) is a compact dredger, transportable in one standard 40 feet container. It is ideal for smaller, reoccurring cleaning and maintenance dredging projects.

Cutter Dredger ECO 250

Cuter Suction Dredger ECO 250 (10 inch) is a compact, one truck transportable, self-propelled dredger. It features 261kW power and is also easily customizable – with extended dredging depth, electric drive system and more.

Cutter Dredger ECO 300

CSD ECO 300 (12 inch) is a compact dredger known for its reliable performance. The dredger features 310kW power and is constructed of high quality materials to ensure low maintenance costs, low emissions and eco-friendly operation.

MAIN FEATURES

One container transportable

This compact budget dredger can be transported in one standard, high cube (40 feet) container in an assembled state. The compact design makes it easy to transport, launch, operate & store for later use.

Caterpillar Engine

The dredger includes a world-renowned Caterpillar engine, which is a lightweight engine with low CO2 emissions. Its compact size allows for small, but powerful Auger ECO 200 design.

Convertible design

Side pontoons of ECO 200 can fold upwards. Thus, it is easy to mobilize, launch on project site & store for later use. It is very practical for reoccurring maintenance projects.

Exchangeable knives

When needed, cutting knives are fixed to the auger head through a bolt connection. They can be easily interchanged between different types of knives or replaced when worn out.

Submersible dredge pump

Hydraulically driven submersible dredge pump achieves higher pumping flow of higher density mixture. Therefore, its overall production rates are higher than of a pump mounted in the pontoons.

Optional: Propulsion

Auger dredger ECO 200 can be supplied with a hydraulic thruster in the back of the pontoons. This makes the dredger self-propelled, resulting in easier maneuverability around the dredging area.

AUGER ECO 200 APPLICATIONS

Environmental dredging

Adaptive auger head featured on Auger ECO 200 causes minimal to no turbidity, protects marine animals from entering the suction system & avoids dispersion of pollutants. Due to its environmentally friendly design and precision, it is especially suitable for cleaning contaminated soils.

Canal & channel dredging

Canals & channels require regular maintenance dredging to retain safe depths for navigation. Adaptive auger head ensures high production rates of fine, loose sediments & low turbidity to protect the environment. This dredger is compact & can be easily removed and stored for later use.

Water intake cleaning & dredging

Auger ECO 200 is a good tool for water intake cleaning at industrial plants. It causes minimal to no turbidity to maintain high quality of water entering the plant. Additionally, it removes loose sediments in a precise manner without damaging infrastructure of the water intake channel.

«First Dredger With Ultra-Low Emissions Arrives In Belgium»

Jan De Nul Group's newest Trailing Suction Hopper Dredger Sanderus has just arrived in Belgium to execute maintenance dredging works in the coastal ports. Not just any dredger, but an ULEv with ultra-low emissions as this vessel has a two-stage catalytic filter system on board.

The dredger Sanderus is Jan De Nul's fourth Ultra-Low Emission vessel (ULEv) that has been launched within the past year. The vessel was built in Singapore and left the shipyard in January after successful offshore tests.

Another three major vessels with a same technology and ultra-low emissions are under construction. The Sanderus arrived in Belgium, where in the next two years she will maintain the navigation depth in the marine access channels to the Flemish ports under the authority of the Flemish Government.

Focus on air quality: minimal impact

Internal combustion engines without post-treatment emit air pollution affecting both climate and air quality. Air pollution and particulate matter damage our health and also have a direct impact on our living environment.

With its Ultra-Low Emission vessels (ULEvs), Jan De Nul Group aims for a much better air quality. These vessels are equipped with a catalyst that renders nitrogen oxides harmless and with a soot filter blocking the finest particles. Several of these pollutants also affect our climate so that the post-treatment also ensures a reduction of greenhouse gases.

Mieke Fordeyn, Director of Jan De Nul Group's International Division "In a business-as-usual scenario, air pollution would be responsible for 8.8 million deaths a year, worldwide. That is twice as many as what was assumed so far. Also shipping has a partial responsibility in this area. And even if the dredging industry accounts for only 0.1% of the total emission of global shipping traffic, we feel personally involved in this issue and regard it as one of our core missions to do something about it."

With this emission treatment, Jan De Nul Group performs pioneering work within the shipping industry. The newest generation of Jan De Nul vessels has been equipped with this highly advanced dual exhaust gas filter system, making Jan De Nul a frontrunner within global shipping.

Focus on climate: ambitious reduction of greenhouse gases

Jan De Nul Group not only invests in air quality but also sets ambitious greenhouse gas reduction targets to reduce its climate footprint. Worldwide, the energy supply must change drastically to meet international climate agreements. Businesses must switch to carbon-neutral energy systems: renewable energy, various flexible raw materials, a mix of primary energy sources and other solutions.

For its maritime fleet, Jan De Nul Group goes for 100% renewable fuel, a certified sustainable substitute for fossil fuel made from waste flows. Since the end of 2019, the first Trailing Suction Hopper Dredger is sailing in Zeebrugge on 100% biofuel. Jan De Nul Group is now considering this switch for other dredging vessels.

Michel Deruyck, Head of Energy at Jan De Nul Group: "Such renewable fuel offers the huge advantage that engines must not be adapted so that the fuel can be used immediately. As this solution makes use of biological waste flows as raw material, it is also beneficial to the circular economy. Research into fuels of the future is useful, but it should not prevent us from using sustainable solutions already available today for the much-needed energy transition within the shipping industry."

УДК 811.111:[621.431.7:629.544

Sorokin R., Nikulina E.L.
National University "Odessa Maritime Academy"

MAN B&W ME – GI installation in Very or Ultra Large Container Vessels

In the period of time when all technologies are changing, it's quite important to have an up-to-date information about the results of global progressive researches. The new chapter in maritime trading industry – is the installation of dual-fuel engines on the container vessels. One of the advantages of gas-fuelled vessels is the ability to improve operation while the fuel prices are rising and modern exhaust-emission limits are becoming robust. Current gas prices offer savings of almost 50%

in fuel costs compared with heavy fuel oil (HFO). A comparison with marine gas oil (MGO), which is needed when ships operate in emission control areas (ECAs), makes the investment even better. It is therefore expected that two container vessels that are to be delivered in 2020, will be operated on gas both inside and outside ECA zones. So, it makes sense to use gas as the fuel for both operational scenarios.

On a container vessel with an ME-Gas Injection (ME-GI) engine, it is possible to change between two different fuel modes: dual-fuel and fuel oil mode. The gas supply line is designed with ventilated double-wall piping including HC sensors for safety shutdown. For control of the gas engine, the GI control and safety system are added to the well-proven ME control system. Technically, there is only little difference between engines burning fuel and gas, but the engine itself and its auxiliaries will comprise some new units. New units are: ventilation system for venting the space between the inner and outer pipe wall of the double-wall piping; sealing oil system, delivering sealing oil to the gas valves separating control oil and gas; inert gas system that enables purging of the gas system on the engine with inert gas, control and safety system, comprising a hydrocarbon analyser for checking the hydrocarbon content of the air in the double-wall gas pipes.

The gas is supplied directly into an ongoing combustion. Consequently, the risk of having unburnt gas that might slip past the piston rings and into the scavenge air receiver is considered to be unlikely. Monitoring of the scavenge air receiver pressure and the combustion condition also safeguards against such a situation. The optimised engine design platform has resulted in a lighter engine as the length, width and height of the engine have been reduced due to introduction of the Flexrod; integration of the top-controlled exhaust valve (TCEV) and fuel booster injection valve (FBIV) on the cylinder cover; increasing flexibility of the main bearing support; improving piston crown design.

TCEV. The control and actuation of the exhaust valve are integrated into the TCEV. A distributor block placed on the exhaust valve provides high-pressure hydraulic oil via two control valves to the exhaust actuator on top of the exhaust valve and to the booster function in the FBIV. Since the fuel oil injection pressure is generated by the booster function in the FBIV, the high-pressure fuel-oil pipe has been removed as well. The engine control system fully controls the combustion process by electronic control of fuel injection and exhaust valve opening according to the crankshaft position measured in that moment.

Dual fuel operation requires injection valves for both pilot fuel oil and gas. The FBIVs operate as main injection valves when the engine operates in fuel oil mode and as pilot oil injectors when the engine operates in dual fuel mode. This means that the engine does not require additional or special pilot oil valves.

The top cover of the 90 and 95ME-GI has three FBIVs and three gas injection valves. The gas supply system on the GI engine is of the common rail type, where the pressure in the fuel gas supply system is constantly equal to the gas injection pressure. The high-pressure gas is distributed via a chain of double-walled pipes to each cylinder, where the gas enters the gas distribution block and finally the gas valves via the gas distribution channel in the cylinder cover. The supply and return of gas have been combined in one double-walled chain pipe. The gas distribution

block effectuates the engine control system signal into a safe and correctly timed administration of fuel to the engine. When the gas injection valves are opened with hydraulic oil, a gas jet is injected into the combustion chamber. Previously, gas operation had to be stopped if an unexpected fault occurred on a single cylinder. Another recent benefit added to the design is that one cylinder can be withdrawn from gas operation, while the engine continues working on gas mode on the remaining cylinders. The cylinder not operating on gas may continue on fuel oil with unchanged load and performance depending on the nature of the fault.

Fuel gas supply system design for G90ME-GI, G/S95ME-GI and DF gensets. FGSS matches the fuel gas demands of main and auxiliary engines. The main components of the fuel gas supply system are: booster pump in the LNG fuel tank; LP pump and vaporiser unit (PVU); standalone low-pressure vaporiser; gas valve train (GVT) in front of the ME-GI and gensets.

The engine control system (ME-ECS) receives information from the FGSS control system about the available amount of fuel gas and it calculates the required amount of fuel oil. Today, the ME-GI engine operates on 3% fuel oil and 97% gas fuel, the short-term target is a further reduction of the pilot oil consumption to 1,5%.

The ME-GI pump vaporiser unit (PVU) is a high-quality pump unit for supply of LNG to the two-stroke ME-GI engine and DF gensets. The pump unit is designed with three hydraulically activated cryogenic pumps, a vaporiser, filters and a control system with safety functions.

The low-pressure or booster pump in the LNG fuel tank supplies the PVU with LNG at approximately -163°C. The cryogenic pump is a high-pressure reciprocating pump with three cylinders actuated by linear hydraulic pistons. Pressurised LNG flows through a compact, printed-circuit heat exchanger, where it is heated by warm glycol water to 45°C. Before the fuel gas reaches the gas, valve trains (GVTs) and the engines, it is passed through a high-pressure natural gas (NG) filter. The gas pressure is controlled by controlling the hydraulic flow to the cryogenic pump in the PVU unit. The one can control three pumps separately.

Gas valve train. The GVT controls the safe admission of gas to the ME-GI engine. It is installed between the fuel gas supply system and the ME-GI engine to provide a double block and bleed function, when the engine is not running on gas or when requested by the ME-GI ECS. The GVT is controlled by the ECS and it separates the FGSS from the ME-GI during shutdown. On new modern engines, the N_2 purge connection is installed on the ME-GI engine. The GVT is equipped with slow-opening valves that applies the high-pressure gas slowly in order to avoid pressure shocks on the seals.

After considering the advantages and working principle of the duel-fuel engine, there is a need for choosing the best optimal space for a safe distribution of gas to the ME-GI engine as well as to the DF gensets. These are 4 possible locations that can be used for such a purpose:

- In the pipe tunnel in the double bottom;
- In the longitudinal recess in the side of the cargo holds;
- In the passageway below open deck;
- On open deck alongside the hatch coaming.

The vessel designer has performed an evaluation [1] of four different options for the location of high-pressure gas transfer pipes transferring LNG from the FGSS to the engine room, where the fuel is supplied to the ME-GI and to the gensets. The evaluation has been performed for a 14,000-teu container vessel arranged with accommodation and engine room separately. The LNG storage tanks and PVU are placed below the accommodation avoiding a reduction of the number of containers. According to the researches [1], if the assessment of risk is not considered, the most feasible location of high-pressure gas transfer pipes is the passageway. However, if the assessment of risk is addressed, the location on open deck is as feasible as the passageway.

The location of the high-pressure gas transfer piping has to comply with rules and regulations for LNG fuelled machinery [2, 3]. The pressure loss in the high-pressure pipe system is estimated to 4-5 bar for all four locations. Besides, expansion devices have to be installed to accommodate temperature fluctuations and hogging/sagging deflections for all four locations as well.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Feasibility study for the routing of LNG high-pressure pipes on a 14,000-teu containership design, Odense Maritime Technology, 2017.
2. Rules and Regulations for the Classification of Ships using Gases or other Low-Flashpoint Fuels. July 2017.
3. IGF Code 2016 Edition.

УДК 347.793=111 (045)

Astakhov A. V., Shalyov A. S.,
National University "Odessa Maritime Academy"

Crew structure on board merchant vessels – engine department

INTRODUCTION

As we all know life on board is focused on precise rules and tasks. Each crew member carries out his rank duties in order to keep the vessel operations running safely and smoothly.

The **engine crew** is responsible for operating, maintaining and repairing of the propulsion and support systems when required. The engine department is also responsible for the repair and maintenance of other systems, such as: lighting, lubrication, refrigeration, air conditioning, separation, fuel oil, electrical power and so on.

ENGINE DEPARTMENT DUTIES

According to the vessel's hierarchy, the engine officers are as follows: Chief Engineer, Second Engineer, Engine Watch Officer, and Electrician Officer.

The first engine officer who is in charge of the engine department is a **Chief Engineer**. He takes complete control of the engine room and must make sure that every system and equipment runs by the book and is suitable for inspection at all times. 'The Chief Engineer also maintains up to date inventory for spare parts, extra fuel

and oil and delegates the tasks for the officers under his command. In order to become a Chief Engineer a seafarer must first be a Second Engineer with at least two years sea time experience' [1].

After the Chief Engineer in charge with the engine room is the **Second Engineer**, who also has a management level position. He assists the Chief Engineer in keeping the vessel running efficiently, and is responsible for supervising the daily maintenance and operation in the engine room. He also prepares the engine room for arrival, departure or other operations. He reports directly to the Chief Engineer.

The **Engine Watch Officer** position is usually held by the Third or Fourth Engineer and it is an operational level job. The Third Engineer is usually responsible for the change of boilers, fuel, auxiliary engines, condensate and feed systems. 'The Fourth Engineer is the most inexperienced officer, who has duties assigned by the Second Engineer, and some of his responsibilities are: engine watch, air compressors, purifiers and other auxiliary machinery' [3].

Another officer working in the engine room is an **Electrical Engineer who is** in charge of overseeing and ensuring the maintenance and proper functioning of all electrical systems and machinery. The Electrical Engineer responds directly to the Second Engineer and Chief Officer and has to have proper training to do this job.

'Some merchant vessels also have amongst their crew members an **Engine Cadet** or **Electrical Cadet** who receive structured training and experience on board and learn how to become an engine or electrical officer' [2].

Apart from the officers, the engine depar ment crew also consists of ratings, such as a Motorman, Fitter, Electrician, Pumpman, Oiler and Wiper.

A **Motorman** is an engine rating who keeps watch and assists engine officers when performing maintenance tasks. He also participates in maintaining and repairing main and auxiliary engines, pumps and boilers.

On board vessels, a **Fitter** carries out daily maintenance and engine cleaning jobs and is also specialized in fabrication, welding or repairing.

An Electrician on board of a merchant vessel is a rating working on the electrical equipment and systems, wiring and high voltage panels.

'Mostly on tanker vessels we may also find a **Pumpman who is** responsible for the liquid cargo transfer system, pumps, stripping pumps, filters valves, deck machinery involved in the liquid cargo transfer etc. His main job is to keep the liquid cargo system on a tanker running accordingly' [1].

An **Oiler** and **Wiper** on board are ratings who are in charge of cleaning engine spaces, machinery, lubricating bearings and other moving parts of the engine and assisting the engine officers in the general maintenance of the machinery in order to ensure that the oil temperature is within standards and oil gauges are working properly.

'Although the crew structure in the engine room is mainly the same, there are vessels that only have a part of the mentioned crew. This is due either to the size of the vessel or to financial reasons' [2].

CONCLUSION

Maritime manpower supplier agencies recruit highly trained engine officers and ratings for all types of vessels. All crew members are carefully selected to ensure

that each task is performed at the highest possible standard in accordance with their qualification.

LIST OF USED LITERATURE

1. *[Electronic resource] :* https://www.cruiseshipjob.com/engine.htm – Назва з екрана.
2. *[Electronic resource] :* http://www.usmm.org/engine.html – Назва з екрана.
3. *[Electronic resource] :* https://greatlakesmaritimejobs.org/maritime-careers/the-engine-department/ – Назва з екрана.

Матеріали науково-технічної конференції
" Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт",
18.03.2020 – 19.03.2020..

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