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»

21.03.2019 – 22.03.2019

Одеса – 2019

Матеріали науково-технічної конференції «Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт», 21.03.2019 – 22.03.2019.– Одеса: НУ "ОМА", 2019. – 399 с.

Матеріали публікуються згідно з поданими авторами оригіналами.

© Національний університет "Одеська морська академія", 2019

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»;
Голіков В.А. – д.т.н., професор, проректор з наукової роботи НУ «ОМА»;
Захарченко В.М. – д.т.н., професор, проректор НУ «ОМА»;
Колегаєв М.О. – к.т.н., професор, декан судномеханічного факультету НУ «ОМА»;
Савчук В.Д. – к.т.н., професор, начальник НДЧ НУ «ОМА».

Члени оргкомітету:
Волков О.М. –зав.аспірантурой та докторантурой НУ «ОМА».
Горб С.І. – д.т.н., професор, завідувач кафедри теорії автоматичного керування та обчислювальної техніки НУ «ОМА»;
Кар'янський С.А. – к.т.н., доцент, почесний секретар відділення Інституту морської техніки, науки та технології (Великобрітанія);

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».
Богач В.М. – к.т.н., доцент, завідувач кафедри технології матеріалів та судноремонту НУ «ОМА»;
Нікольський В.В. – д.т.н., професор кафедри теорії автоматичного управління і обчислювальної техніки НУ «ОМА».
Нікуліна О.**Л**. – к.ф.н., доцент, завідувач кафедри англійської мови №3 НУ «ОМА»;
Онищенко О.А. – д.т.н., професор кафедри технічної експлуатації флоту НУ «ОМА»;
Половинка Е.М. – д.т.н., професор, завідувач кафедри суднових енергетичних установок НУ «ОМА»;
Козьміних М.А. – к.т.н., доцент, завідувач кафедри суднових допоміжних механізмів і холодильної техніки НУ «ОМА»;

ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦІЇ:

Секція 1. Експлуатація і ремонт транспортних засобів морського та річного флоту (корп. 3а, ауд. 201).;
Секція 2. Двигуни та енергетичні установки (корп. 3, ауд. 201).;
Секція 3. Інженерні технології екологічної та професійної безпеки на морі (корп. 3, ауд. 308);
Секція 4. Сучасні інформаційні технології в освіті та іншомовна підготовка суднових інженерів (корп. 3, ауд. 408);

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ 9

Голіков В.А., Онищенко О.А. Особливості підготовки магістрів суднової енергетики. 9

Колегаєв М.О., Парменова Д.Г. Результати моніторингу освітніх програм підготовки бакалаврів і магістрів на судномеханічному факультеті НУ «ОМА» та шляхи вдосконалення навчального процесу...13

ЕКСПЛУАТАЦІЯ І РЕМОНТ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ МОРСЬКОГО ТА РІЧНОГО ФЛОТУ 17

Будашко В.В., Голіков В.В., Мазур О.М., Сапіга В.В., Онищенко О.А. Обнявко Т.С. Енергоефективна система позиціонування судна подвійного призначення 17

Довиденко Ю.М. Процес подачі мастила під постійним тиском у циліндри суднового дизеля.....21

Логішев І.В., Шах А.І. Безвідходна утилізація нафтовмісних вод у суднових умовах.....26

Калугін В. М. Забезпечення безвідмовної експлуатації суднових дизелів при використанні низькоякісних сортів палива 31

Сагин С.В. Снижение уровня минимально неизбежных потерь в судовых энергетических установках.....36

Солодовников В.Г. Оптимизация построения систем топливоподготовки судовых дизельных установок при использовании высоковязких сортов топлива 40

Демідова Н.П. Проблема підвищення екологічної ефективності суден: інформаційний пошук.....44

Козицький С. В.,. Кіріян С. В. Особливості дії наночастинок.....49

Козицький С. В., Швець О. І. Оцінка втрат кінетичної енергії у кривошипно-шатунному механізмі.....52

Корбан Д.В. Вплив завад в ортогональному приймальному каналі судовоЇ РЛС при вимірюванні поляризаційних параметрів Стокса луна-сигналів навігаційних об'єктів.....55

Корбан В.Х., Ревенко В. Ю. Радіометеорологічне забезпечення безпеки судноводіння у складних метеорологічних умовах 58

Чепаліс І.В., Калуга А.А. Аналіз конструктивних особливостей танків запасу на судах гозаходах.....61

Ольшамовський В. С., Кардаш В. П., Василець Д. І., Христов С. Г. Застосування масел в сучасних холодильних системах 65

Чепаліс І.В., Козьміних Н.А. Розділення бінарної суміші метан-азот в умовах судовой системи газопідготовки 70

Тимків О.В., Денісов В.Г. Підвищення ефективності експлуатації суднових систем.....74

Drozd O.V, Razdorozhnuy S.V. Use of IHI ship cranes in regular mode 79
Стукаленко О. М., Макаренко Л. М. Дослідження здвоєного стрілового поліспаста з підпружиненим балансиром..... 83
Суворов П.С., Тарасенко Т.В., Заложж В.И., Максимов С.Б. Энергоэффективность и экологичность судов в дунайском судоходстве..... 88
Небеснов В.В. Підвищення працездатності підшипників ковзання..... 96
Богач В.М., Єлісєєв І.М. Особливості експериментальних досліджень лубрикаторних систем в експлуатаційних умовах 100
Журавльов Ю.І. Прогнозування довговічності колінчастих валів суднових середнеоборотних дизелів (СОД)..... 103
Мельник О.А., Діца В.В., Кардашов О.І. Сучасні технології зварювання чавуну 110
Лебедев Б. В. Повышение энергоэффективности холодильных систем конструктивно-технологическими методами 115
ДВИГУНИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ 125
Половинка Е.М., Табулінский І.М. Моделювання процесів впорскування палива акумуляторною системою подачі палива COMMON RAIL двигунів RT-FLEX 125
Половинка Е.М., Яковенко А.Ю. Експлуатаційні випробування системи контролю дизелів на базі комбінованих вимірювальних перетворювачів 134
Половинка Е.М., Слободянюк М.В. Динамічні випробування системи паливоподачі суднового середньобертового дизеля 141
Половинка Е.М., Слободянюк М.В. Програмно-апаратний комплекс для динамічних безмоторних випробувань паливної апаратури дизелів 146
Половинка Е.М., Пічурін М.Б. Вплив характеристик розпилювача на умови замикання беззливної форсунки 152
Половинка Е.М., Мурадян П.С., Чічко К.А. Динамічні характеристики активних колоїдів 157
Половинка Е.М., Мурадян П.С., Чічко К.А. Експериментальне дослідження характеристик водо-мастильних емульсій 164
Веретеннік О.М., Аболєшкін С. Є. Особливості експлуатації суднових утилізаційних парових турбін..... 172
Заблоцкий Ю.В. Обеспечение уровня тепловой напряженности судовых дизелей путем химической обработки топлива 177
Куропятник А.А. Обеспчение уровня эмиссии оксидов азота судовых четырехтактных дизелей 181
Мацкевич Д.В. Регенерация эксплуатационных свойств судовых моторных масел за счет использования поверхностно-активных веществ..... 186

Ткаченко И.В. Восстановления качества нефтяных остатков и использование их в топливых смесях 189
Ткаченко Р.А. Підвищення економічності суднових дизелів за рахунок використання присадок до палива 191
Кирис А. В., Гарагуля Б. А. New ways to the steam ship's turbines working blades design.....195
Гарагуля Б.А., Афтанюк В.В. Порівняльний аналіз течій газу у лопатках суднових турбін великої потужності 199
Кардашев Д. Л., Аболєшкін С. Є. Використання метода узагальнених функцій при дослідженні властивостей дискретної крутильної коливальної системи 205
Афтанюк В.В., Афтанюк А.В. Компьютерне моделювання резервуару LIQUID INERT GAS SYSTEM (n_2) хімічного танкеру 208
Подмазко О.С., Піщанська Н.О. Оптимізація схеми підготовки повітря для технологічних процесів 213
Малахов А.В., Гудилко Р.Г. Использование технологии подготовки водо-топливных эмульсий при работе судов.....217
Коваленко С.И. Максимизация энергоэкологического эффекта внедрения газопоршневых двигателей в СЭУ.....220
Дулдієр О.П. Моніторинг енергоефективності суднових допоміжних енергетичних установок 225
Лалетін Є.Л. Статистичні методи дослідження надійності суднових дизелів.....228
Шліхта О. М. Кардаш В. П. Підвищення енергоефективності робочого процесу суднового двигуна 232
Ярошенко В. М. Ефективність застосування рекуперативних процесів проміжного тиску в холодильних циклах.....238
Черниш І.І., Шевченко А.І. Сумарна температура газу за робочий цикл і середня індикаторна температура 241
Удолатій В.Б. Пропозиції по облаштуванню системи визначення вмісту нафтозалишків 248
Бузовський В.А., Дороган В.В. Перспективи використання водню у якості альтернативного палива в суднових дизелях 251
Блащенко С.В., Калюжный В.О. Влияние понижения температуры наддувочного воздуха на работу судового дизеля. 256
Гаврилкін О. Є. Методи захисту металевих поверхонь морських суден від корозії, обрастання та накипу.....259
ІНЖЕНЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТА ПРОФЕСІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА МОРІ 266
Колегаев М.А., Бражник И.Д. Технологическая схема модернизации системы подачи инертных газов в грузовые помещения танкеров.....266
Мамкічев М.А. Принципи та організація пошуку та рятування на морі .269

Мамкічев М.А. Нагляд за дотриманням морськими судами вимог ІМО і національного законодавства..... 275
Афтанюк В.В., Даниленко Д.В. Аналіз тенденцій розвитку скруберних технологій для очистки викидних газів суднових енергоустановок 281
Приходько К.О., Сваричевська А.П. Концепція реструторізації системного навчання синтетичних дисциплін виробничої безпеки з урахуванням динамічних змін умов праці 284
Деркач В.Г. Аналіз Міжнародних Конвенцій і посібників з надання допомоги та рятування на морі..... 289
Сваричевська А. П. Інтерактивні технології у формуванні екологічної компетенції курсантів річкового та морського флоту..... 296
Голікова В.В., Бічев В.К., Сінюта Н. О. Теоретичні питання в формуванні стомлення у суднових операторів. 299
Парменова Д.Г., Крайнова В.І. Нові вимоги міжнародних конвенцій ІМО та кодексів ІМО, що вступають в силу в 2019 році 302
Розлуцький О.М. Вплив суб'єктивних факторів на безпечну експлуатацію суден 310
Копейка П.И., Чабан Е.Х. Численное исследование запирания взрывных волн в шахтных каналах ловушкой с двумя полупроницаемыми экранами..... 312
Іванов О.І. Аналіз виконання курсантами розділу дипломних робіт з питань професійної безпеки…….315

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ ТА ІНШОМОВНА ПІДГОТОВКА СУДНОВИХ ІНЖЕНЕРІВ..... 318
Корх М.В. Розробка ескізів технічних виробів – важливий інструмент інженерної діяльності..... 318
Латиш О.М. Розрахунок центру ваги судна як задача курсу «Теоретична механіка»..... 321
Опришко М.О. Застосування САПР для рішення геодезичних і картографічних задач. 325
Батынский А.И. Рекомендации по повышению эффективности дистанционного обучения студентов заочников морских специальностей при использовании интерактивной базы данных системы дистанционного доступа 330
Гончарук О.М. Підбір матеріалів для різних видів презентацій в мультимедійному класі 332
Nikoulina O.L. Class communicative activities while teaching English for maritime engineers 333
Bogomolov O.S. The Marine Engineering Personnel's Required Profession Competences 335
Shalyov A. S. Podcasting in teaching english as a foreign language 339
Molodtsova V.V. Ways to improve students' speaking skills..... 341

Кравець Г. Б. Просторове моделювання в системі викладання іноземної мови.....344
Козак С. В. Как правильно организовать урок английского языка в современных условиях.....350
Бугаенко Т.І. Відбір методів і вправ для навчання професійної термінології 355
Гімамдінова А.Є. Особливості міжнародних екзаменів з англійської мови.....357
Nikolayeva T. S. Problems of Seafarers Can be Relieved by Assistance in Ports Worldwide 361
Tsynova M.V. To the question on the use of communicative methodology in the process of the english language teaching 362
Unhurian A., Нікуліна Є.Л. Ship's Integrated Control and Monitoring System 365
Blashko A. O., Shalyov A. S. Induction motor.....366
Bondar M. A., Shalyov A. S. Azipod.....368
Karpelenya A. O., Shalyov A. S. Alarm monitoring system 370
Kotenko V.A., Kozak S.V. 7 Technologies To Reduce Fuel Consumption Of Ships 371
Mykhailo S., Kozak S. V. Fuel oil separation.....373
Gnatyuk B.I., Oleinik A.A. Ship`s boilers.....375
Demianenko I. A. , Oleinik A. A. Gas turbines as ships main engines 376
Mendryk V., Oliinyk A. A. Theme: Reduction gear and gearboxes 378
Rukas D., Vietrohon S., Oliinyk A. Electric and hydraulic types of engine ...380
Ивчук А., Гончарук Е.Н. Marine pumps.....381
Вовкович С.А., Бугаенко Т.И. Port state control 385
Мушат Д.В., Бугаенко Т.И. Maritime disasters and casualties and their prevention 386
Тимченко В. , Бугаєнко Т.І. Reasons Seafarers Matter To The World.....389
Dombrovska S.A., Chekanovsky A. Types of Cargo Ships 392
Dombrovska S.A., Stashchenko V. Marine Fuel Oil Separators.....393
Vasilevskiy V., Khomyakov N., Tsynova M.V. Survival craft.....394
Пономаренко А.А., Богомолов О.С. A refrigerating plant 396

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ

УДК 378.1

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

Особливості підготовки магістрів суднової енергетики.

Україна активно модернізує багаторівневу національну систему вищої освіти, направлену на універсальність, фундаментальність, гуманізм, інформатизацію науково-навчальних та адміністративно-виховних аспектів суспільно-важливої діяльності. Підготовка фахівців-бакалаврів з експлуатації і управлінню морськими і річковими транспортними засобами направлена на безпеку руху, яка гарантується екіпажами на певний термін і у відповідних навігаційних обставинах.

Менеджмент та адміністрування роботи сучасного флоту вимагають використання інтегрованих фахівців (магістрів) з управління різнотипними, сертифікованими класифікаційними товариствами, суднами. Робота таких інтегрованих фахівців направлена на забезпечення надійності, ефективного функціонування та екологічності не тільки суден, а і всієї морської інфраструктури. Ця задача виконується шляхом однозначно спрямованого, найбільш ефективного формування наявних енергетичних і матеріальних ресурсів, людських резервів.

Можна стверджувати, що у нашій державі вже завершується будівництво науково обґрунтованої концепції функціонування сучасної вищої університетської технічної освіти. Як відомо, її ознаками є: *а*) універсальний (університетський), а не вузько-галузевий тип освіти; *б*) більш вищий, порівняно із класичними закладами вищої освіти (ЗВО) інженерного типу, рівень фундаментальної і гуманітарної освіти; *в*) дуже високий рівень інформатизації всіх процесів наукової, навчальної та адміністративної діяльності ЗВО, прагнення відповідності діяльності ЗВО міжнародним стандартам якості освіти; *г*) активна роль університетського ЗВО, як регіонального центру, у поширенні вищої та післядипломної інженерно-технічної освіти.

Необхідно підкреслити, що вся система вищої освіти України використовує розроблені державою керівні документи [1-5]. Ці ж документи використаються і при підготовці магістрів суднової енергетики у Національному університеті "Одеська морська академія" (НУ "ОМА").

Зараз закон про "Вищу освіту" встановлює п'ять рівнів вищої освіти, де другій її рівень відповідає магістерському. Магістр, це освітній ступінь, що здобувається на *другому* рівні вищої освіти та присуджується закладом вищої освіти (науковою установою) у результаті успішного виконання здобувачем вищої освіти відповідної освітньої програми. Ступінь магістра здобувається за освітньо-професійною (90 кредитів ЄКТС) або за освітньо-науковою програмою (120 кредитів ЄКТС). Освітньо-наукова програма магістра обов’язково включає дослідницьку (наукову) компоненту (30 кредитів ЄКТС). *Другий* рі-

вень вищої освіти [1], який відповідає *восьмому* рівню Національної рамки кваліфікацій [2], передбачає здобуття особою поглиблених теоретичних та/або практичних знань, умінь, навичок за обраною спеціальністю (чи спеціалізацією), загальних засад методології наукової та/або професійної діяльності, інших компетентностей, достатніх для ефективного виконання завдань інноваційного характеру відповідного рівня професійної діяльності. У Законі "Про вищу освіту" наголошується, що наукова, науково-технічна та інноваційна діяльність провадиться з метою інтеграції наукової, освітньої і виробничої діяльності у системі вищої освіти. Провадження наукової і науково-технічної діяльності університетом є обов'язковим. Метою цієї діяльності є здобуття нових наукових знань шляхом проведення наукових досліджень і розробок та їх спрямування на створення і впровадження нових конкурентоспроможних технологій, видів техніки, матеріалів тощо для забезпечення інноваційного розвитку суспільства, підготовки фахівців інноваційного типу.

Основними завданнями наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності закладів вищої освіти є: *а*) одержання конкурентоспроможних наукових і науково-прикладних результатів; *б*) застосування нових наукових, науково-технічних знань під час підготовки фахівців з вищою освітою; *в*) формування сучасного наукового кадрового потенціалу, здатного забезпечити розробку та впровадження інноваційних наукових розробок.

У Національній рамці кваліфікацій наводиться опис 8-го кваліфікаційного рівня (табл. 1) освіти.

Табл. 1. Опис 8-го кваліфікаційного рівня освіти

Рівень	**Знання**	**Уміння**	**Комунікація**	**Автономність і відповідальність**
8	Здатність розв'язувати комплексні **проблеми** в галузі професійної та/або **дослідницько-інноваційної діяльності**, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики			
	Найбільш передові **концептуальні та методологічні знання в галузі науково-дослідної** та/або професійної діяльності і на межі предметних галузей	Критичний аналіз, оцінка і синтез **нових** та складних ідей Розроблення та реалізація проектів, включаючи **власні дослідження**, які дають можливість переосмислити наявне та **створити нове цілісне знання** та/або професійну практику і розв'язання значущих соціальних, наукових, культурних, етичних та інших проблем	Спілкування в діалоговому режимі з широкою науковою спільнотою та громадськістю в певній галузі наукової та/або професійної діяльності	**Ініціювання інноваційних** комплексних проектів, лідерство та повна автономність під час їх реалізації Соціальна відповідальність за результати прийняття стратегічних рішень здатність **саморозвиватися і самовдосконалюватися протягом життя, відповідальність за навчання інших**

Якщо проаналізувати табл. 1, де визначені основні вимоги до здобувача 8-го рівня освіти, то можна побачити, що вони дуже високі, особливо - у вимогах до інноваційних (евристичних) якостей здобувача. А якщо вважати, що Національна рамка кваліфікацій у часті вимог до здобувача (магістра) буде узгоджена із законом "Про вищу освіту" і "магістр" буде відповідати 7-му кваліфікаційному рівню Національній рамки кваліфікацій, то можна побачити, що все рівно існує суттєве протиріччя у вимогах до результуючих інноваційних якостей магістра з суднової енергетики.

Це пояснюється тим, що вимоги ПДНВ [4] та Профіль освітньо-професійної програми підготовки магістра "Експлуатація СЕУ" [5], які ЗВО морської спрямованості прагне виконати (щоб випускник зміг отримати ще один диплом - міжнародний диплом офіцера торгівельного флоту [6]), потребують використання у навчальному процесі *традиційної* системи освіти [7, 8]. Але виконання вимог Національній рамки кваліфікацій (будь-якого, чи то 7-го, чи то 8-го рівня) потребує використання у навчальному процесі *гуманістичної* системи освіти (див. табл. 2).

1. Традиційна система освіти, це систематична академічна освіта, як спосіб передачі курсантам універсальних елементів культури минулого і сьогодення. Перш за все, під цим мається на увазі сукупність базових знань, умінь і навичок у межах сформованих культурно-освітніх традицій, які дозволяють індивіду у подальшому перейти до самостійного, поступового, засвоєння знань, цінностей і умінь більш високого рівня.

2. Гуманістична (феноменологічна) система освіти у центр освітнього процесу ставить особистість курсанта і його розвиток, як суб'єкта життєдіяльності. Ця система орієнтована на розвиток внутрішнього світу, на розвиток міжособистісного спілкування, взаємодію, емпатію, діалог, на психолого-педагогічну підтримку у особистісному зростанні, на розвиток креативних якостей, евристичну і інноваційну діяльність.

"Забезпечення високого рівня фундаментальності та гуманітаризації вищої інженерно-технічної освіти є одним з основних напрямів розвитку університетської технічної освіти. Розв'язання цих складних проблем дасть змогу більшості українських технічних університетів не за назвою, а по суті своїй бути такими і готувати справжнього представника науково-технічної інтелігенції" [8].

Відомо, що філософія науки оцінює наукову істинність та яким є зміст цієї істини, а філософія технології досліджує питання про природу створеного людиною. На нашу думку, особлива увага у університетських технічних ЗВО має бути приділена об'єднанню філософії технології і філософії науки. І це є різними фундаментальними проблемами освіти України [1, 2, 8].

Таким чином, щоб об'єднати дві системи освіти, основний тягар йде на викладача. І він повинен завжди працювати творчо, допомагати студентам діяти самостійно, незалежно, уникати прямих інструкцій і не стримувати ініціативу, не робити за них те, що вони можуть зробити самостійно, або те, що вони можуть навчитися робити самостійно, допомагати формувати навички самостій-

ного вирішення проблем, заохочувати прагнення робити висновки, висловлювати судження і умовиводи.

Табл. 2. Порівняння систем освіти

ПОКАЗНИКИ	ОСВІТЯНСЬКІ СИСТЕМИ	
	Традиційна (формуюча)	**Гуманістична (феноменологічна)**
Цільове призначення	Формування особистості із заздалегідь заданими властивостями	Розвиток особистості, як активного і інтелектуального, суб'єкта життєдіяльності, людини культури, світу
Знання, уміння, навички	Мета освіти	Засоби і інструменти постійного розвитку особистості
Місце курсанта у системі вищої освіти	Об'єкт процесу освіти	Суб'єкт процесу освіти
Дидактичні засоби	Монолог, конкретні знання, уміння, навички	Діалог, полілог, творча навчальна і пізнавальна діяльність, співробітництво, емпатія
Аксіологічна основа	Потреби виробництва, суспільства	Потреби і інтереси особистості
Позиція викладача у системі освіти	Джерело і оцінювач знань, умінь і навичок	Консультант, менеджер, помічник, координатор, організатор
Отриманий результат освіти	Рівень навченості і соціалізоване мислення	Рівень особистісного розвитку і навчальна самостійність, самовизначення і самореалізація, креативність і евристицізм

Висновки

Основна мета підготовки магістра, що спеціалізується у галузі управління судновими технічними системами і комплексами, це досягнення синергізму у процесах управління складними людино-машинними системами. Саме це необхідно для забезпечення ефективного функціонування суден і систем безпеки, які гарантують надійність, екологічність і тривалу працездатність всіх суднових технічних засобів, систем і комплексів.

Головне завдання підготовки магістрів у галузі управління судновими технічними системами і комплексами полягає у наданні їм ефективної допомоги у придбанні знань, умінь, навичок і компетенцій, притаманних сучасним судновим і господарюючим фахівцям, що залучаються до автоматизованого управління суднами і морською інфраструктурою, отримання ефективного орієнтування у тому широкому комплексі питань, які необхідно вирішувати при використанні суднових автоматизованих систем управління технічними засобами (АСУТС).

До мінімально-необхідних знань при використанні АСУТС слід віднести: принципи побудови систем керування і програмування, математичні методи

для вирішення задач управління, забезпечення гарантованого автоматизованого управління експлуатацією судновими технічними засобами. Все це повинно буди засноване на широкому використанні принципів методології науки.

Необхідні вміння, навички і компетенції магістрів доцільно направити на вирішення питань забезпечення енергоефективності, енергозбереження та екологічності суден і морської інфраструктури. Причому основну увагу освіти слід зосередити на технічних, математичних та інформаційних аспектах створення і використання АСУТС, організаційних систем управління, призначених для управління координацією роботи морських транспортних засобів і управління ризиками, систем, де важливу роль відіграє "людський елемент", забезпечуючи синергізм управління.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України 2014 року "Про вищу освіту" (зі змінами від 22.05.2018 р.).

2. Постанова Кабінету міністрів України від 23.11.2011 р., № 1341 "Про затвердження Національної рамки кваліфікацій".

3. Закон України 2016 року "Про наукову і науково-технічну діяльність".

4. Конвенція ПДНВ (з поправками).

5. Профіль освітньо-професійної програми підготовки магістра "Експлуатація СЕУ" (розробник - НУ "ОМА", 2018 рік).

6. Положення про звання осіб командного складу морських суден та порядок їх присвоєння.

7. Проценко, В. О., Настасенко, В. О. Алгоритм реалізації компетентнісного підходу при підготовці фахівців з експлуатації суднових енергетичних установок / Науковий вісник Херсонської державної морської академії, № 2 (11), 2014. - С. 113-121.

8. Козлакова, Г. Інноваційні процеси у вищій технічні школі: інтеграція до європейського освітнього простору. http://library.uipa.edu.ua/library/BD/BolonProz/3_Stati_iz_periodicheskih_i_prodol gaugshiesa_izdaniy/nov12.htm%20

УДК 378.6.147:656.61

Колегаєв М.О., Парменова Д.Г.
Національний університет «Одеська морська академія»

Результати моніторингу освітніх програм підготовки бакалаврів і магістрів на судномеханічному факультеті НУ «ОМА» та шляхи вдосконалення навчального процесу

Забезпечення якісної підготовки здобувачів вищої освіти у Національному університеті «Одеська морська академія» здійснюється у відповідності з національними та міжнародними законодавчими та нормативними документами таким як: Закон України «Про вищу освіту»; Закон України «Про освіту»;

Міжнародна конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року, з поправками; внутрішні положення системи менеджменту якості НУ «ОМА» та інше.

Наказом Міністерства освіти і науки України № 1239 від 13.11.2018р. був затверджений ще один документ, який є головним для усіх закладів вищої освіти, що здійснюють підготовку командного плавального складу суден – це Стандарт вищої освіти України для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти у галузі знань - 27 Транспорт, за спеціальністю - 271 Річковий та морський транспорт (далі – Стандарт). У цьому Стандарті визначені компетентності та результати навчання для здобувачів вищої освіти по спеціальності 271 «Річковий та морський транспорт» тому, оскільки він введений в дію з 2018/2019 навчального року, то вже на даний час являється основою освітніх програм НУ «ОМА». Стандарт розглянутий та схвалений не тільки комісіями та підкомісіями Науково-методичної ради МОН України, а й Міністерством інфраструктури України, галузевими асоціаціями «Український морський союз» та «Всеукраїнське об'єднання крюїнгових компаній», що свідчить про те, що Стандарт відповідає як національним вимогам у сфері підготовки здобувачів вищої освіти так й міжнародним вимогам щодо підготовки, дипломування моряків та несення вахти [1].

На відміну від інших стандартів вищої освіти щодо підготовки бакалаврів у цьому Стандарті сформульовані компетентності та результати навчання для спеціальності 271 «Річковий та морський транспорт» за трьома спеціалізаціями, а саме «Навігація і управління морськими суднами», «Управління суднових технічними системами і комплексами» та «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики». Дві з цих назв замінили попередні назви спеціалізацій, які використовувалися до затвердження Стандарту: «Судноводіння» та «Експлуатація суднових енергетичних установок». Таким чином, виникла необхідність перегляду освітніх програм НУ «ОМА» за спеціалізаціями та приведення їх у відповідність до Стандарту.

На судномеханічному факультеті НУ «ОМА» у період з січня по березень 2019 року був здійснений моніторинг та перегляд освітньо-професійних програм підготовки бакалаврів та магістрів. Моніторинг освітніх програм здійснюється щорічно згідно вимогам Закону Украйни «Про вищу освіту» [2] та Положення про освітні програми та навчальні плани, що розроблено НУ «ОМА» [3].

Моніторинг був проведений робочими (проектними) групами по розробці та впровадженню освітніх програм судномеханічного факультету. Робочими групами була проведена наступна робота:

1. Перегляд освітньо-професійної програми підготовки бакалавра щодо відповідності вимогам Стандарту у частині загальних положень, компетентностей випускника та результатів навчання.

2. Перегляд робочих програм навчальних дисциплін, що забезпечують виконання освітньо-професійної програми підготовки бакалавра, щодо забезпечення отримання здобувачами компетентностей і результатів навчання, закладених в переглянутої освітньо-професійній програмі.

3. Перегляд освітньо-професійної програми підготовки магістра на відповідність змісту освітньої програми сучасним вимогам у сфері морської інженерії.

4. Опитування академічного персоналу на предмет задоволеності організацією навчального процесу та його відповідності цілям освітньої програми.

5. Опитування курсантів на предмет задоволеності навчальним планом, змістом програм дисциплін, що його забезпечують, та рівнем їх викладання, а також графіком і організацією навчального процесу на судномеханічному факультеті.

6. Аналіз успішності курсантів з 2015 по 2018 роки.

7. Опитування компаній - баз практичної підготовки і працедавців на предмет задоволеності рівнем підготовленості курсантів/студентів та щодо їх потреб у спеціалістах із науково-технічною підготовкою.

Аналіз отриманих результатів моніторингу дозволив визначити основні напрямки щодо вдосконалення освітніх програм, підвищення якості освітнього процесу та покращення організації навчального процесу. Були виявлені наступні невідповідності та заходи щодо їх усунення:

1. Здійснено заміну назви спеціалізації у освітній програмі підготовки бакалавра згідно Стандарту. Внесено деякі зміни у порядок викладання дисциплін для додержання структурно-логічної схеми для спеціалізації «Управління судновими технічними системами і комплексами». Для деяких дисциплін у навчальних планах проведено корегування розподілу аудиторних годин між лекційними та практичними (лабораторними) заняттями з метою підвищення якості підготовки здобувачів вищої освіти.

2. Виявлено необхідність внесення змін у зміст робочих програм навчальних дисциплін, що забезпечують освітньо-професійну програму підготовки бакалавра, щодо виконання вимог стандартів компетентності, встановлених правилами III/1, III/2 Міжнародної конвенції про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року, з поправками (далі – МК ПДНВ-78). Такі зміни необхідно здійснити у дисциплінах циклу математичної та природничонаукової підготовки та циклу професійної та практичної підготовки. Робочою групою зроблені зауваження та рекомендації кафедрам щодо приведення програм дисциплін у відповідність вимогам МК ПДНВ-78.

3. Прийнято рішення щодо необхідності у наступному 2019/2020 навчальному році здійснити суттєвий перегляд змісту освітньої програми підготовки магістра, оскільки у наступному році пройде останній набір на підготовку за освітньо-професійною програмою підготовки магістрів, що забезпечує виконання вимог стандартів компетентності, встановлених правилом III/2 МК ПДНВ-78. У 2020/2021 навчальному році буде здійснено перший випуск бакалаврів, що отримали підготовку згідно вимогам стандартів компетентності, встановлених правилами III/1 та III/2 МК ПДНВ-78. Таким чином, за результатами опитування компаній - баз практичної підготовки та працедавців розпочато роботу над створенням нової освітньо-професійної програми підготовки магістра. Кінцева мета цієї роботи - створити таку освітню програму, яка була б цікава не тільки здобувачу вищої освіти, що вже має досвід практичної робо-

ти на суднах, а й дозволила привернути увагу здобувачів, що набули освіту по спеціальностям затребуваним на березі, однак бажаючих отримати освіту для роботи у сфері морської інженерії на берегових підприємствах.

4. За результатами опитування курсантів виявлено недостатнє забезпечення курсантів (студентів) навчально-методичними матеріалами по деяких дисциплінах, тому необхідно посилити на кафедрах контроль за наявністю пакету навчально-методичних матеріалів.

5. Виявлено необхідність проведення роботи із науково-педагогічним складом кафедр щодо підвищення рівня викладання дисциплін, забезпечення проведення консультацій та організації самостійної підготовки курсантів (студентів) на кафедрах.

6. Виявлено необхідність роботи із курсантським складом щодо надання пояснень по принципам організації графіку навчального процесу та змісту освітнього процесу, а саме, надання інформації про необхідність вивчення кожної дисципліни навчального плану для дотримання структурно-логічної схеми спеціалізації «Управління судновими технічними системами і комплексами».

7. Встановлено, що успішність курсантів 2 – 4 курсів за період з 2015 по 2018 роки підвищилася у середньому на 3,7%, а для 5-6 курсів в середньому на 3,4%.

Для провадження цих заходів робочі (проектні) групи підготували зауваження та пропозиції для керівництва судномеханічного факультету та для кафедр НУ«ОМА», що забезпечують освітню програму за спеціалізацією «Управління судновими технічними системами і комплексами» та зазначили термін для усунення зауважень до кінця 2018/2019 навчального року. Також підготовлений звіт за результатами моніторингу, внесені зміни у освітні програми, у навчальні та робочі навчальні плани на наступний навчальний рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Стандарт вищої освіти України для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти у галузі знань - 27 Транспорт, за спеціальністю - 271 Річковий та морський транспорт. Затверджений наказом МОН України № 1239 від 13.11.2018р.

2. Про вищу освіту: Закон України / Відомості Верховної Ради, 2014, № 37-38, ст.2004.

3. Положення про освітні програми та навчальні плани №2-03-9, затверджене рішенням вченої ради НУ «ОМА» 26.01.2016р. (протокол№6).

ЕКСПЛУАТАЦІЯ І РЕМОНТ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ МОРСЬКОГО ТА РІЧНОГО ФЛОТУ

УДК 629.56:064.5+620.9+629.5

Будашко В.В., Голіков В.В., Мазур О.М., Сапіга В.В., Онищенко О.А.
Національний університети "Одеська морська академія",

Обнявко Т.С.
Військова академія (м. Одеса)

Енергоефективна система позиціонування судна подвійного призначення

Комплексне використання суднових дизелів з електронним уприскуванням, безщіткових генераторів та електрорушіїв типу *AZIPOD* теоретично дозволяють створення морських суден з високоточною динамічною стабілізацією заданої географічної позиції у важких гідрометеорологічних умовах. Це є передумовою для подвійного призначення морських (річкових) об'єктів: розташування на них ракетних систем як морського базування так і систем "земля-земля/повітря" й інше. Саме такого типу морські платформи планується використати Україною у найближчий час у якості плавучого космодрому – для запуску легких ракет.

Необхідно підкреслити, що суднові енергетичні установки (СЕУ), створювані для конкретних типів суден з динамічною стабілізацією позиції (ДСП) зумовлюють особливі вимоги до енергоспоживання і енергетичної ефективності суден подвійного призначення (СПП). Багатоцільові властивості СПП з ДСП можливо використати тільки обмежено, оскільки для їх ефективного функціонування необхідна потужність, яка істотно перевершує аналогічні показники сучасних СЕУ з відсутністю систем ДСП. Процеси енергоефективної передачі енергії у енергетичних установках СПП з комбінованими пропульсивними комплексами (КПК) майже не досліджені. Концептуальний розвиток СЕУ таких суден з ДСП заключений у створенні спеціалізованих КПК, застосуванні особливих типів електроприводів, використанні спеціалізованих джерел енергії і засобів керування.

Високоточне динамічне утримання судном позиції із збереженням енергетичної ефективності і стійкості СЕУ КПК, за умови виконання судном (платформою) основної заданої технологічної функції є проблемне. Існує протиріччя і запит практики – досягнення максимуму енергоефективності при збереженні завдань безпеки, екології і, що найголовніше – якісного виконання судном (платформою) основного технологічного завдання. Вважається, що застосування спеціальних засобів керування і модифікованих КПК призведе, що найменш, до 10% підвищення ефективності перетворення потужності від джерел енергії до гвинтів. Але методами майже некерованої протидії сили упору гвинта через узгоджену противагу зовнішньому збуренню ця проблема не вирішується.

Об'єктом дослідження є процеси енергозбережного динамічного позиціонування, керування, перетворення та передачі енергії у СЕУ КПК СПП, пред-

метом дослідження є системи і апаратно-програмні засоби СЕУ КПК високоточного динамічного позиціонування СПП.

Метою дослідження є розробка методів гарантованого виконання особливих і основних технологічних завдань суден подвійного призначення за умовою високої енергетичної ефективності функціонування їх СЕУ КПК, що працюють у різноманітних складних експлуатаційних умовах.

Дослідження принципів синтезу і функціонування систем ДСП, оснащених складним КПК, виявляє широке застосування типових ПІД-регуляторів у різних контурах системи керування, не дивлячись на суттєві результуючі недоліки – складність параметризації, чутливість до шумів, необґрунтовані витрати енергії й інші [1-3]. У відкритому доступі аналізу систем ДСП СПП не має.

Відомо [4, 10], що у деяких системах ДСП типу *DPS*1 можна «загасити» головний та допоміжний двигуни, трастери, і все одно судно утримає позицію навіть у складних погодних умовах. Іноді [4, 5] робота суден з системами ДСП (типу *DPS*2), де присутня глобальна супутникова навігаційна система (*GNSS*) із виведеним пристроєм *FanBeam* і працюючим автопілотом, зводиться, до функціонування за алгоритмом роботи *DPS*1. На надсучасних бета-версіях систем ДСП типу *K-POS* [6, 8, 9], судно буде у деяких ситуаціях дуже важко керованим. Підвищення швидкодії системи ДСП дає суттєві технологічні переваги, але енергетична ефективність таких систем ДСП дуже сумнівна [3-5].

Більшість наявних рекомендацій для оцінювання характеристик СЕУ КПК, розрахунку потужності двигунів і визначення їх типу (КБ “Південь”, Україна), комплектації пропульсивного комплексу рушіями різних типів отримані на базі емпіричного досвіду проектування та експлуатації, а також шляхом статистичної обробки інформації по суднах (ПАО “Чорноморсуднопроект”, Україна).

Аналіз сучасного стану досліджень, підходів та методології, вирішення задач підвищення ефективності функціонування суден з ДСП, СЕУ КПК різного призначення (міжнародні концерни *Wartsila, Danfoss*) не дозволяють з упевненістю заявляти про вирішення проблеми зниження ефективності експлуатаційних характеристик та збільшення кількості відмов у ході звичайної експлуатації суден і у режимах ДСП.

Узагальнення результатів досліджень експлуатаційних характеристик суден з КПК та ДСП, виконаних різними авторами – [1, 3, 7-9], і наведені ними методи не дозволяють з достатньою точністю виконувати розрахунки ходових і динамічних якостей суден різного призначення. Модельні і натурні випробування гребних гвинтів, наведені емпіричні методи визначення опору, а також розрахунку і проектування рушіїв різного типу, викликають складні, не вирішенні питання взаємодії гребних гвинтів з корпусом судна [2, 5, 7].

Істотний вплив на ефективність функціонування систем ДСП, їх СЕУ та КПК мають гідрометеорологічні фактори і невизначеності, пов'язані з районом плавання, порою року, цінами на пальне, мастило, узгодженістю дій екіпажу тощо.

Аналіз літературних джерел дозволяє вважати, що вирішення завдання підвищення енергетичної ефективності функціонування суден подвійного призначення з ДСП, наприклад, типу *LEGDPS*: *a*) з забезпеченням необхідної, тех-

нологічно обумовленої, точності позиціонування (наприклад, для здійснення залпу); *б*) з урахуванням дії зовнішніх збурень у відкритому морі, є актуальним, має практичну значущість [7, 8] і концептуально не вирішене [7-11].

Запропоновані деякими авторами удосконаленні методи і алгоритми спостереження і управління моментом СЕУ КПК (наприклад, пат. України №100819 від 10.08.2015, № 107006 від 03.06.2016, № 108074 від 26.06.2016) [12-14] та побудова сінергетичних структур систем керування, теоретично дозволяють вирішувати основні завдання оптимізації процесу керованості системи ДСП з одночасним підвищенням ефективності передачі потужності до гвинтів, збільшення надійності та розширення функціональних можливостей. Але, зокрема для СПП, ці удосконалення не є остаточними і потребують додаткових досліджень.

Удосконалені алгоритми управління дозволяють, на основі застосування незалежного від характеристик вхідної напруги, формувати моменти гвинтів, реалізовувати необхідні керуючі сигнали з урахуванням дислокації активних упорів відносно корпусу судна, оперативно переналаштувати залежні від довкілля параметри.

Створена зменшена (1:50) фізична модель багатофункціонального пропульсивного комплексу [15-17] зі змінною структурою та системою ДСП, довела ефективність запропонованих рішень та дозволяє стверджувати доцільність та перспективність подальших досліджень у напрямку підвищення енергоефективності систем позиціонування суден подвійного призначення.

На рівні технічної реалізації у ланках орієнтації, стабілізації, навігації та управління започатковано застосування таких елементів, як твердотілі хвильові гіроскопи та п’єзодавачі, що динамічно переналаштовуються та, на відміну від традиційно використовуваних приладів у системах ДСП, можуть працювати у незалежних режимах виміру кутів і швидкості.

Таким чином, підвищення точності систем динамічного позиціонування спеціальних морських суден дозволяє використати їх за подвійним призначенням, що здійсненне за рахунок одночасного застосування методів енергоефективного керування за допомогою:

а) побудови особливої структури СЕУ та КПК;

б) використання моделі реального часу у контурі управління;

в) виробітку відповідних корегувальних дій за допомогою прогнозного аналізу взаємного впливу експлуатаційних параметрів окремих елементів СЕУ та КПК.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Woud H. K. Design of propulsion and electric power generation systems / H. K. Woud, D. Stapersma // IMarEST publications: London. – 2003. – P. 494.

2. Udin U. I. Calculation of the radial diagram limit values of wind speed for drilling vessel “MV Shashin” // Вестник госуд. унив. морск. и речн. флота им. адм. Макарова, 2014, №1, с. 7-12.

3. Christiaan de Wit. Optimal Thrust Allocation Methods for Dynamic Positioning of Ships / de Wit Christiaan // A thesis submitted to the Delft Institute of Applied

Mathematics in partial fulfillment of the requirements. – Netherlands: Delft University of Technology. – 2009. – 68 p.

4. Будашко, В. В. Удосконалення системи управління підрулюючим пристроєм комбінованого пропульсивного комплексу [Текст] / В. В. Будашко, О. А. Онищенко / Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Електричні машини та електромеханічне перетворення енергії. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2014. – № 38 (1081). – С. 45–51. Режим доступу: \WWW/ URL:http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/13378. – 12.03.2019 р. – Загол. з екрану.

5. Holodov G. G. Requirements of the national marine classification societies to work offshore and systems orientation of vessels equipped with dynamic positioning systems and their classification. 2010, Vestnik MGTU, Moscow, Vol. 13, №4/1, p. p. 712-718.

6. Фалькович Г. Современная гидродинамика / Г. Фалькович, R&C, 2014. – 208 с. ISBN 978-5-93972-977-2,
http://www.weizmann.ac.il/complex/falkovich/fluid-mechanics

7. Корбутяк В.І. Методологія системного підходу та наукових досліджень / В. І. Корбутяк. – Рівне: НУВГП, 2010. – 176 с.

8. Hansen J. F. and oth. Mathematical modeling of diesel-electric propulsion systems for marine vessels // Mathematical and computer modeling of dynamical systems, 2001, vol. 7, №. 1, p.p. 4-33.

9. Rindaroy Martin. Fuel Optimal Thrust Allocation In Dynamic Positioning / M. Rindarøy. Norwegian University of Science and Technology. – 2013. – P. 93.

10. Mathiesen E. (2012). Methods for Reducing Frequency and Voltage Variations on DP Vessels. / E. Mathiesen, B. Realfsen, M. Breivik // MTS Dynamic Positioning Conference, Houston, 2012, p.p. 467-489. IEEE.

11. Veksler A. Thrust allocation with power management functionality on dynamically positioned vessels / A. Veksler, T. A. Johansen, R. Skjetne // In American Control Conference (ACC), 2012, p.p. 1468-1475. IEEE.

12. Будашко, В.В. Система імпульсно-фазового управління електроприводом суднової гвинто-кермової установки [Текст] / В. В. Будашко, Є. О. Юшков // Патент UA на корисну модель № 108074, 2016. Режим доступу: \WWW/ URL:
http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=224863. – 12.03.2019 р. – Загол. з екрану.

13. Будашко, В. В. Суднова система моніторингу для попередження ефекту Коанда [Текст] / В. В. Будашко, В. В. Нікольский, С. Г. Хнюнін // Патент UA на корисну модель № 100819, 2015. Режим доступу: \WWW/ URL:http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=215069. – 12.03.2019 р. – Загол. з екрану.

14. Хнюнін, С. Г. Суднова система моніторингу для попередження ефекту Коанда [Текст] / С. Г. Хнюнін, В. В. Нікольский, В. В. Будашко // Патент UA на корисну модель № 107006, 2016. Режим доступу: \WWW/ URL: http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=223437. – 12.03.2019 р. – Загол. з екрану.

15. Будашко, В. В. Физическое моделирование многофункционального пропульсивного комплекса [Текст] / В. В. Будашко, О. А. Онищенко, Е. А. Юшков // Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса). Технічні науки. – 2014. – №. 2. – С. 88–92. Режим доступу: \www/ URL:http://zbirnyk.vaodessa.org.ua/images/zbirnyk_2/13.PDF. – 12.03.2019 г. – Загл. с экрана.

16. Budashko, V. Formalization of design for physical model of the azimuth thruster with two degrees of freedom by computational fluid dynamics methods [Text] / V., Budashko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – V. 3. – № 7(87). – P. 40–49. Doi:10.15587/1729-4061.2017.101298.

17. Budashko, V. Theoretical-applied aspects of the composition of regression models for combined propulsion complexes based on data of experimental research [Text] / V. Budashko, V. Golikov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – V. 4. – № 3(88). – P. 11 – 20. Doi:10.15587/1729-4061.2017.107244.

УДК 621.431.74

Довиденко Ю.М.
Національний університет “ Одеська морська академія “

Процес подачі мастила під постійним тиском у циліндри суднового дизеля

Роздивимося одну із схем систем змазки циліндрів при постійному тиску-ві, котра дає здатність забезпечувати регулярну по обертам подачю мастила у циліндр при мінімальному тискові [1].

Система включає в себе витратну цистерну I, насос 2, включений в систему за допомогою регулюючого органу 3, акумулятор 4, швидкозапорний клапан 5 з колектором 6, забезпечений роз'єднаним клапаном 7, призначеним для припинення подачі мастила до штуцерів 8 при відключенні циліндра.Для автоматичного завдання тиску мастила а акумуляторі та колекторі, а також безперервного регулювання його витрати, слідкуючого за навантаженням двигуна, акумулятор зв’язан з двома джерелами 9 і 10 стисненого газу за допомогою регулятора тиску, який представляє собою, наприклад, два редуктора 11 і 12. Редуктор 11 призначений для впуску газу в акумулятор, а 12, для випуску.

Випуск газу (стисненого повітря) з акумулятора проходить при заповненні його мастилом, тобто в період роботи насосу 2, а впуск - коли насос вимкнений і мастило з акумулятора витісняється в колектор та циліндр стисненим газом.Редуктор 12 відрегульований на кілька більший тиск, чим 11 , тому в період роботи насоса 2 тиск мастила в системі вище, ніж під час подачі повітря в акумулятор через редуктор 11.

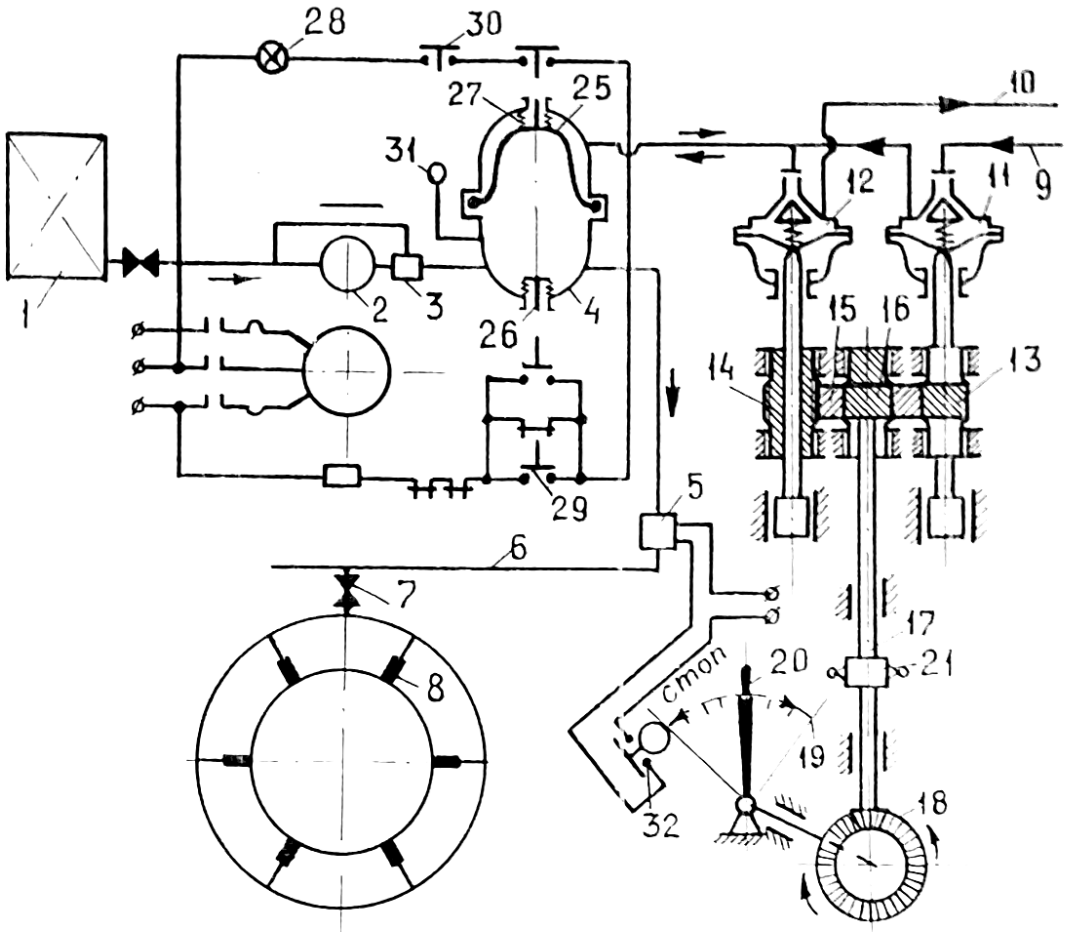


Рис.1. Система подачі мастила під постійним тиском.

Органи регулювання натягу пружин редукторів - це гвинтові штоки , проходять через нарізні ступиці шестерень 13 і 14, пов'язаних між собою зубчастим колесом 15, що входять в зачеплення з шестернею 16, насадженою на вал 17. За допомогою вага 17 і конічних шестерень 18 регулятор тиску пов'язаний з вимірником навантаження (задатчиком) 19, поєднаним з рукояткою управління двигуном 20. Таким чином, одночасно з переміщенням рукоятки 20, вал 17 провертається і за допомогою зубчастої передачі угвинчує чи вигвинчує штоки редукторів, що регулюють натяг пружин, отже, і тиск газу, що проходить через редуктори 11. При чому , натяг пружин обох редукторів змінюється одночасно, та на одну і ту ж величину, тобто початкова відмінність їхнього натягування зберігається незмінним у всьому діапазоні повороту рукоятки управління двигуном 20.

Для завдання нового рівня зміни тиску в системі , а як слід і витрати мастила, наприклад, при переході на важкий сорт палива, обкатний режим або інші рижими двигуна з нехарактерною витратою масла, в системі передбачений датчик рівня зміни тиску в акумуляторі.

Задатчик являє собою підпружинену ковзаючу муфту 21, зрушення якої в сторону стиснення пружини 22 призводить до роз'єднання валу 17 і дозволяє за допомогою маховика 23 повертати в ту або іншу сторону лише частину валу 17, котра зв’язана тільки регулятором тиску. Після повороту маховика на потрібне число поділок 24 за годинниковою або проти годинникової стрілки, в залежності від необхідності збільшення або зменшення витрати мастила, муфту

21 вводять в зачеплення з частиною вала 17, пов'язаного з рукояткою керування двигуном , переміщенню якої тепер буде відповідати інший заданий рівень зміни тиску в акумуляторі. Акумулятор 4 розділений діафрагмою 25 на повітряну і масляну порожнини. В нижній і верхній частинах акумулятора встановлені пристрої 26 і 27, що впливають на кнопки автомата пуску і зупинки насосу двигуна 2. При нижньому положенні діафрагми насос включається в роботу і подає мастило в акумулятор, а при верхньому, тобто після заповнення акумулятора, насос вимикається. Таким чином, якщо ємність акумулятора вибрається рівною добовому витрату мастила, то насос буде працювати всього кілька хвилин один раз на добу, що істотно підвищує надійність системи.

У період роботи масляного насоса включається сигналізація 26, яка дозволяє проконтролювати спустошення акумулятора і час його заповнення.[2]

На випадок виходу з ладу автоматичного керування системи, передбачен редукційний клапан 3 для завдання необхідного тиску в системі і кнопки 29, 30 пуску і зупинки електродвигуна насоса 2. Контроль за тиском мастила в системі проходить за допомогою манометра 31.

Система працює наступним чином: коли рукоятка 20 знаходиться в положенні "стоп", за допомогою муфти 21 задають необхідний рівень зміни тиску в акумуляторі. Потім зміщують рукоятку 20 з положення "стоп" до замкнення контактів 32 ланцюга керування клапана 5 , котрий відкривається і синхронізує акумулятор 4 з колектором 6, забезпечиваючи таким чином витрату мастила. Всяке переміщення рукоятки 20 призводить до зміни тиску газу, що подається через редуктор 11 і акумулятор, отже зі зміною режиму роботи двигуна синхронно змінюється витрата мастила. Фіксованому положенню рукоятки 20 відповідає конкретний постійний тиск в акумуляторі, а отже постійна витрата мастила. Під постійним тиском, відповідним положенням рукоятки 20, газ, що подається через редуктор 11, витісняє мастило з акумулятора в циліндр до тих пір, поки діафрагма 25 не вплине на пристрій 26, що включає насос 1. Одночасно з цим починає працювати сигналізація 28. За мірою наповнення акумулятора мастилом, діафрагма 25 підіймається і в газовій порожнини відбувається стиснення до тиску відкриття редуктора 12, яке трохи вище ніж у редуктора 11 . У цей період подача газу через редуктор 11 закінчується, а газ знаходиться в акумуляторі, у міру його наповнення мастилом, витісняється в продувний ресивер або в атмосферу через редуктор 12.

Таким чином, в період роботи насоса 2 тиск мастила в гідроакумуляторі підтримується редуктором 12, а оскільки воно трохи вище, ніж підтримуване редуктором 11 , то витрата підвищиться. В силу короткого часу заповнення акумулятора, цим збільшенням можна знехтувати або скористатися задатчиком 21 і, на період роботи насоса 2, знизити рівень тиску в акумуляторі до величини, яка була в ньому перед наповненням. Наповнення акумулятора закінчується, коли діафрагма 25 підніметься у верхнє положення і за допомогою пристрою 27 виключає насос разом із сигналізацією 28. Через деякий час після зупинки насоса тиск в акумуляторі знизиться, що призведе до закриття редуктора 12 і відновленню подачі газу в акумулятор через редуктор 11 до одночас-

ного наповнення акумулятора мастилом, після чого все трапляється в описаному вище порядку.

Таким чином, в акумулятор мастило подається насосом, а з акумулятора в циліндр воно витісняється стисненим газом. При установці рукоятки 20 в положення "стоп " контакти розмикаються, і клапан 5 перекриває вихід з акумулятора. Подача мастила в циліндр припиняється.

Перевірка функціонування системи описаного типу і здібність забезпечення процесу змазування циліндрів ДВЗ при нових умовах, що характеризуються низьким постійним тиском мастила в нагнітальному мастилопроводі досліджена на лабораторному стенді

Рівень тиску, протидіючий витоку мастила у циліндр підтримується відповідним двигуну з верхнім положенням мастильних отворів. Осцилограма процесу наведена нижче.

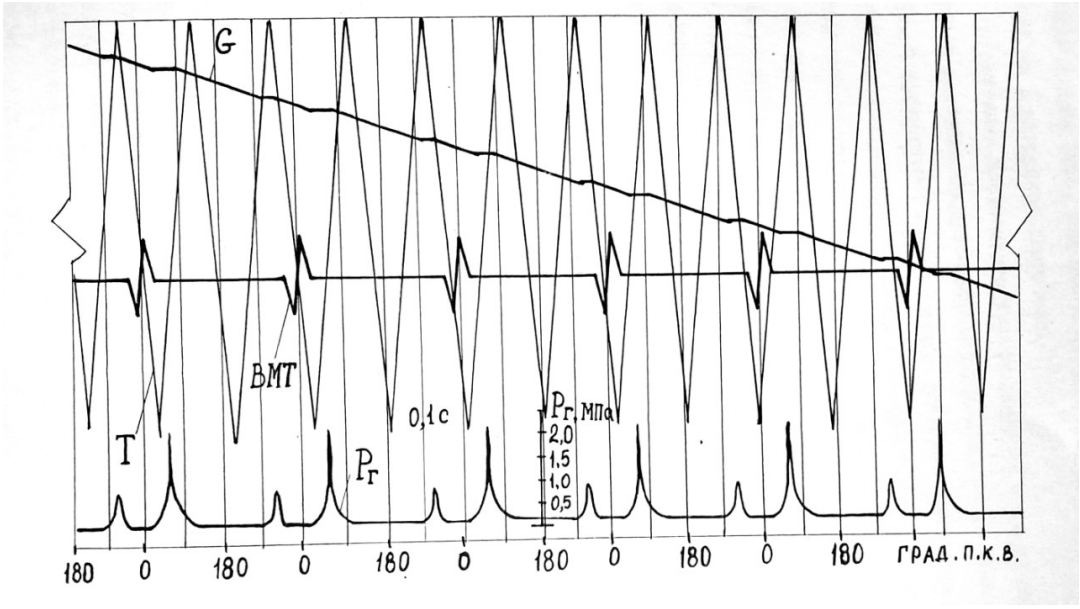


Рис. 2. Осцилограма подачі мастила.

З осцилограми слід, що система забезпечує регулярне витікання мастила на кожному оберті , лінія G . Витрата в однойменних фазах практично однакова та її величина визначається рівнем тиску в акумуляторі та тривалістю проміжків часу між імпульсами Р1 та Р2.

Для підтримання витрати циліндрового мастила постійним, рівень тиску в акумуляторі повинен бути, як це і передбачено, регульованим відповідно до навантаження двигуна. При підтримки постійного рівня тиску в акумуляторі, що незначно перевищує тиск продувного повітря в проміжках часу між дією імпульсів Р1 і Р2 до приходу компресійних кілець до поясу точок змащування у всіх отворів одночасно формується витікання малої порції мастила, яка знімається кільцями в одні і ті ж моменти п.к.в. кожного циліндра. Таким чином, без спеціальних засобів, забезпечується синхронізація з певним становищем поршня (регулярна на кожному його ході) подача мастила в циліндр, що дозволяє безперервно оновлювати масляну плівку на дзеркалі.

При подачі мастила описаним способом діферентоване росподілення його по висоті циліндра визначається тривалістю фаз, які залежать від рівня розположеня мастильних отворів.[3]

Подача з отворів малих порцій мастила дозволяє підвести його в циліндр безпосередньо до стику "кільце-втулка" і, тим самим, виключити прямі його втрати , зменшити відкладження нагару і знос деталей ЦПГ, скоротити витрату мастила і підвищіти надійність роботи двигуна.

Керування процесом подачі мастила з описаних умовах зводиться до підтримки мінімального натиску, регульованого відповідно зі зміною режиму навантаження двигуна і (або) сортом палива, що легко автоматизується . [2]

Для перевірки працездатності систем нового типу та оцінки їх ефективності безпосередньо на двигунах, були розроблені варіанти технічних рішеннь котрі на базі відомих лубрикаторних систем забезпечують реалізацію. Сутність цих рішення зводиться до усунення явища "викиду" мастила і зниження тиску в мастилопроводі з наближенням його до постійного.

Зазвичай у звичайної лубрикаторной системи це може бути досягнуто включенням в маслопровід ємності з рухомою стінкою, виконаної, наприклад, у вигляді підпружиненного поршня або мембрани.

При нагнітанні мастила лубрикатора в маслопровід проходить переміщення поршня і стиснення пружини, що обумовлює акумулювання основної частини циклової подачі в порожнині під поршнем.[4]

Випробування показали, що в маслопроводі встановлюється невеликий напір, що забезпечує потім поступову витрату акумульованої частини мастила, яка зменшується від оберту до оберту порціями (лінія Хк), потрапляє на дзеркало на кожному ході поршня в проміжках між імпульсами тиску газів (лінія Рг), що діють зсередини циліндру.[5]

У системах з постійним і тим більше однаковим тиском перед усіма штуцерами, рівномірність і регулярність витрати мастила через отвори змазки в основному визначається рівністю гідравлічного опору штуцерів. У зв'язку з цим істотне значення набуває однаковий затяг пружин, клапанів, якими забезпечені штуцера. Однак велика кількість їх на двигуні і непристосованість до регулювання пружин роблять цю операцію скрутною.[5]

Для повернення зворотного клапана в своє гніздо після відкриття, пропонується використовувати не пружину, а власну масу клапана і протитиск з боку циліндра.

Для запобігання утворенню газових порожнин, канал між клапаном і дзеркалом циліндра слід перетворити в кільцеву щілину.

Запропоноване технічне рішення в цілому дозволяє на базі існуючих лубрикаторних систем забезпечити експлуатацію і одночасно організувати більш досконалий процес змащування ДВЗ.

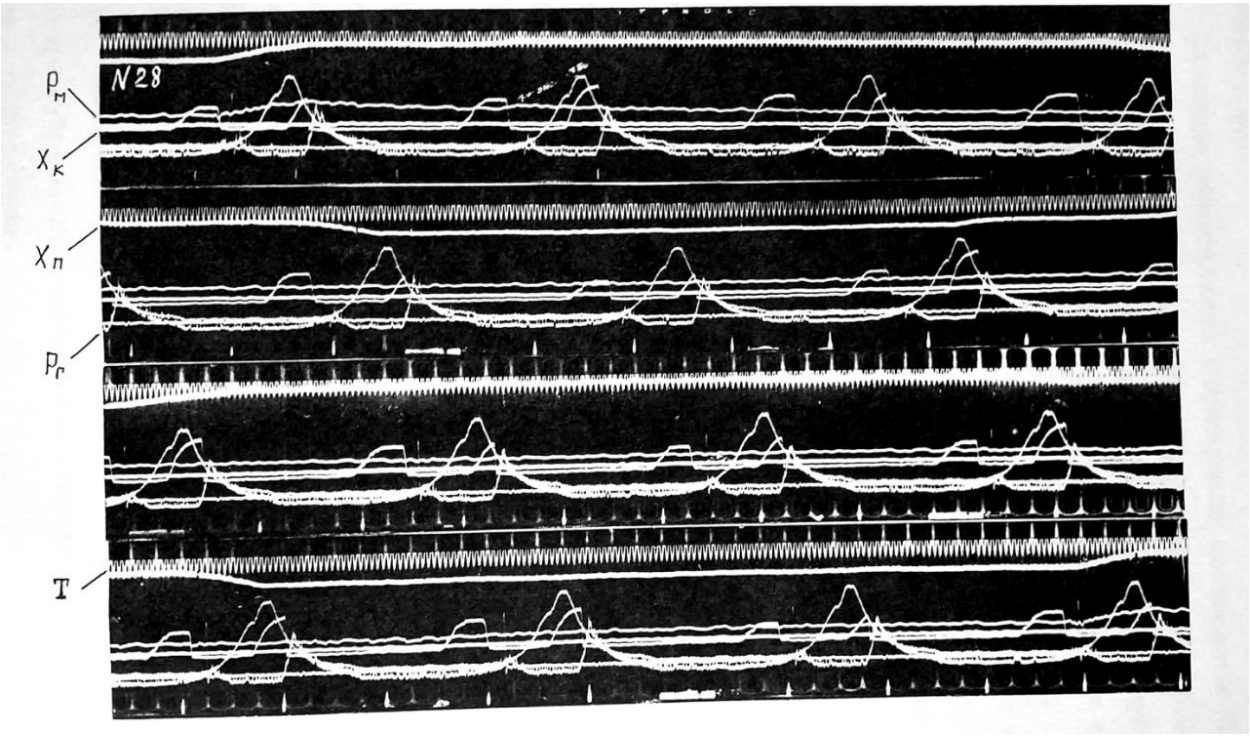


Рис. 3. Осцилограма подачі мастила

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пилюгин А.С., Богач В.М., Довиденко Ю.Н., Бузовский В.А. Эффективность усовершенствованных смазочных систем цилиндров судовых дизелей // Двигателестроение. – 1990. – № 7.
2. Богач В.М., Задорожний А.А., Коліев И.Д. Особливості витоку мастила у циліндри суднових дизелів MAN-B&W// Науковий журнал Суднові энергетичні установки, ОНМА, Одесса 2007 г. С. 116-126.
3. Довиденко Ю. М., Description of the systems and parameters of the lubricant supply to the marine diesel engine cylinders // Norwegian Journal of development of the International science №8, 2017г. С. 50 – 54.
4. Пилюгін А. С. Оптимізація витрати циліндрового мастила суднових дизелів/ Пилюгін А. С., Богач И. М., Довіденко Ю. М., Бузовский В. А.// Республіканський сбірник ХПІ, 1988г. Вип -48, с.17 – 23.
5. Пилюгин А.С., Богач В.М., Довиденко Ю.Н., Бузовский В.А. Эффективность усовершенствованных смазочных систем цилиндров судовых дизелей // Двигателестроение. – 1989. – № 7.

УДК 627.356: 665.61: 628.315

Логішев І.В., Шах А.І.
Національний університет «Одеська морська академія»

Безвідходна утилізація нафтовмісних вод у суднових умовах

Значну роль у цьому негативному процесі забруднення води Земної кулі відіграє флот [1]. Його вплив на водні басейни пов'язане з утворенням у процесі експлуатації суднових енергетичних установок (СЕУ) і суден у цілому

різних видів забруднень навколишнього середовища, серед яких найбільшу небезпеку представляють підсланєві (або лляльні) води (з англ. - bilge water).

Небезпека цих вод з екологічної точки зору обумовлена вмістом у них нафтопродуктів, які можуть перебувати у воді в різних фазово-дисперсних станах..

Конвенцією МАРПОЛ 73/78 [5] передбачені такі технічні засоби для запобігання забруднення водного середовища нафтовмісними водами (НВ) з суден:

– збірні танки;

– нафтаводяне фільтруюче устаткування з очисною здатністю до рівня нафтовмісту у скиданні не більше 15 мл/л (млн-1 або ppm);

– автоматичний пристрій для закриття зливних клапанів, коли вміст нафти в очищеній воді, що скидається за борт, перевищує 15 мл/л.

Способи очищення (НВ), у більшості випадків приводять до вторинного забруднення навколишнього середовища у вигляді залишкових концентрацій реагентів і продуктів утилізації (тобто знищення) фільтруючих елементів. [2,3,6].

Отже, встає питання про безвідходні технології знищення нафтовмісних вод прямо на борту судна (рис. 1). Одним з цих шляхів є їх згоряння в паровому котлі СЕУ. Тут εF – концентрація нафтопродуктів у воді, мг/л.

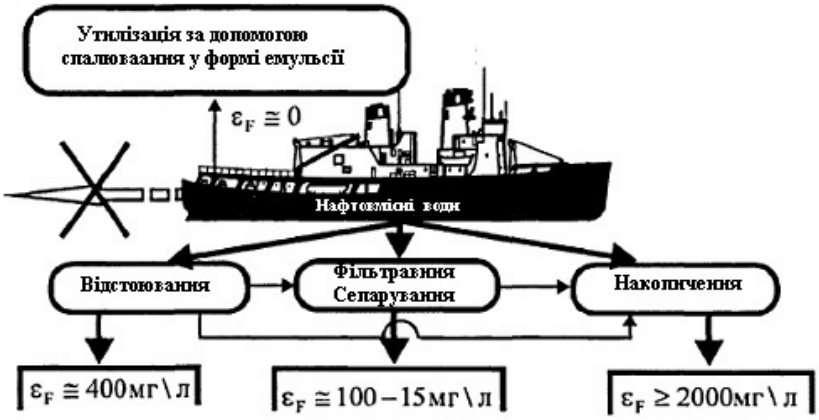


Рис. 1 – Способи запобігання забруднення моря нафтою з суден

До теперішнього часу проведена значна кількість теоретичних і експериментальних робіт, присвячених використанню воднопаливнних емульсій (ВПЕ), якими є нафтовмісні лляльні води, в різних силових пристроях.

Відомими вченими Лебедєвим О.М. та Марченко В.М. запропонована схема згоряння краплі воднопаливної емульсії (рис. 2) [4]. При цьому об'ємна концентрація води в емульсії лежить в межах: $\varphi = 0{,}15\ldots0{,}5$.

Тут етап 1 - період затримки , як і для «сухих» палив , характеризувався прогріванням маси емульсії і супроводжувався незначним збільшенням об'єму за рахунок температурного розширення.

На етапі 2 крапля запалювалася, при чому за час **a,** що складає , приблизно 2-3% от загального часу, спалахувала уся поверхня . На цій стадії, спостерігалася перша серія мікровибухів краплі, що призводять до її часткового розбриз-

кування. Відлітаючі фрагменти краплі швидко згорали. Цей етап займав 4÷50 % загального часу існування початкової краплі.

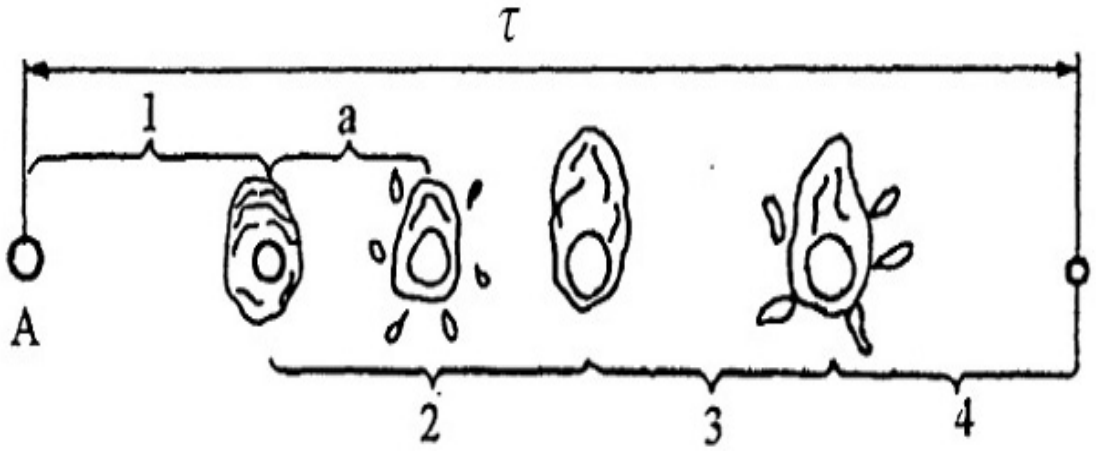


Рис. 2 – Поведінка краплі емульсії в камері згоряння

На етапі 3 спостерігався спад інтенсивності згорання крапля , вигораючи, зменшувалася в розмірах. Дали на етапі 4, крапля знову викидала дрібні фрагменти, і часто на цьому етапі горіння залишки краплі вибухали, розлітаючись в сторони дрібними інтенсивно палаючими залишками. Останній період займав, як правило, 9-25 % зального часу τ.

Використовуючи теоретичні положення спалювання ВПЕ були підготовлено та проведено дослідження утилізації НВ на т/х «Kent Mariner» в допоміжному паровому котлі типу VX.

Структурна схема паливної системи котла наступна (рис. 3). На схемі зображені наступні елементи: 1 - паливний танк; 2 - ручний паливний насос; 3 - електричний паливний насос ; 4 - витратна паливна цистерна ; 5 – мірне скло ; 6 – запобіжна сітка; 7 – зливний прохідний самозапірний клапан ; 8 – піддон; 9 – зливний трубопровід; 10 - манометр ; 11- фільтр грубої очистки; 12 - витратна цистерна нафтовмісних лляльних вод; 13 – змішувач; 14 – фільтр тонкої очистки; 15 - топковий пристрій; 16 – запірний клапан; 17 – пробовідбірний кран.

В цієї системі одним з основних елементів є змішувач 13, де відбувається змішання основного котельного палива та нафтовмісних вод. Конструкція змішувача дана на рис. 4.

Кількість води в суміші (φ) контролювалась прибором «ВАД-40М». Для аналізу суміші на кількість води відкривався кран 17 (рис. 3).

В якості основного палива використовувалося паливо IFO-180 густиною 990 кг/м^3.

Подання води в паливо було відрегульоване таким чином , що величина φ в процесі зміни рівня лляльних вод у витратній цистерні 12 змінювалася в межах φ_{max} приблизно 0,5 та φ_{min} приблизно 0,35 за 10 годин без перервної роботи котла при штатному навантаженні вдавалося утилізувати близько 850 кг НВ. Робота котла при усіх вказаних межах обводнення мазуту була стійкою, зміна кольору полум’я в топці візуально не реєструвалося .

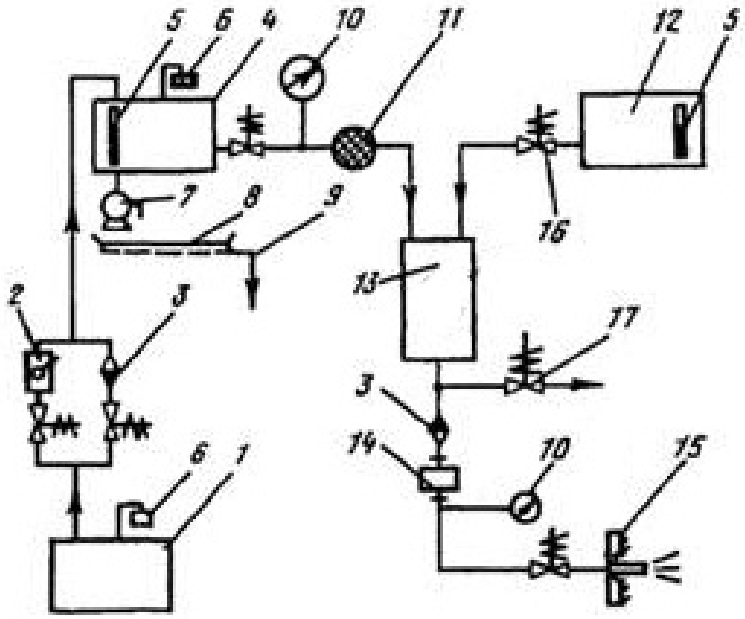


Рис. 3 – Схема паливної системи парового котла для спалювання НВ

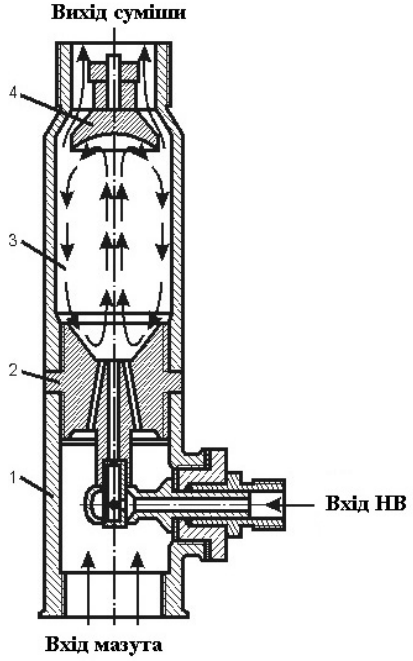


Рис. 4 – Пристрій для змішування НВ та основного котельного палива:
1 – трубний тройник, 2 – соплова шайба, 3 – змішувальна камера, 4 – екран

Температура газів, що йшли з топки, зменшувалася в середньому на 30÷35°С .

Колір диму на зрізі труби яснішав.

Запуск котла здійснювався як на штатному паливі, так й на ВПЕ при $\varphi \leq 0{,}3$, що було можливо на прогрітому котлі.

Перед плановими зупинками котла надання НВ припинялося з метою видалення емульсії з системи.

При **φ** більше 0,45 котел на емульсії не запускався або запускався з трудом, в той час коли був запущений на мазуті й прогрітим на протязі 15÷20 хв. починав стійко працювати забезпечуючи необхідну продуктивність при **φ** приблизно 0,45. При цьому зростало споживання «сухого» мазуту на 5÷7%.

Це природно, тому що з наданням води в мазут його теплота згоряння знижується (рис. 5)

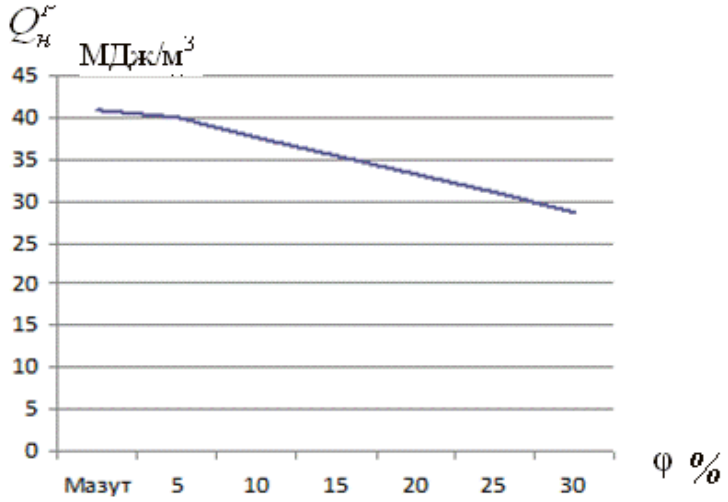


Рис. 5 - Залежність теплоти згоряння мазуту від вмісту в

ньому кількості води: $Q_н^P$ - теплота згоряння , **φ** – відсотковий вміст води у мазуті

Таким чином, результати дослідження роботи котла на ВПЕ з кількістю води в паливі **φ** = 0,3÷0,5 показали задовільну роботу котла зі збереженням його паспортних даних. Тим самим підтвердивши ефективність даного способу безвідхідної технології знищення нафтовмісних вод.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Виды, источники и причины загрязнения окружающей природной среды Електронний ресурс. Режим доступу: https://natworld.info/raznoe-o-prirode/vidy-istochniki-i-prichiny-zagrjaznenija-okruzhajushhej-prirodnoj-sredy © Природа Мира/NatWorld.info

2. Занько, О.Н. Технологии использования рабочих веществ в судовых энергетических установках: учебник/ О.Н.Занько, В.Н.Калугин, И.В.Логишев. – Одесса, ОНМА: Фенікс, 2015. – 506 с.

3. Кузубова Л. И., Морозов С.В. Очистка нефтесодержащих сточных вод: Аналитический обзор/ СО РАН. – Новосибирск, 1992. - 39 с

4. Лебедев О.Н., Марченко В.Н. Механизм сгорания капли эмульгированного топлива в среде, близкой к неподвижной // Тр. ин-та водн. Транспорта. Вып. 114. Новосибирск, 1975. С. 124 – 134.

5. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г., измененная Протоколом 1978 г. к ней с поправками– С-Пб,: ЗАО ЦНИИМФ, 2011 - 401 с

6. Средства очистки жидкостей на судах: Справочник /Под общей ред. И.А. Иванова - Л.: Судостроение, 1994. - 272 с.

УДК:502.3:504.7: 621.181.1

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

Забезпечення безвідмовної експлуатації суднових дизелів при використанні низькоякісних сортів палива

Вступ

В останні роки, у всьому світі, відзначаються тенденція погіршення якості морських сортів палива при їх достатньо високій вартості. Це викликано низкою причин і однією з них є вдосконалення технологічних процесів переробки нафти, що спрямоване на отримання з нафти максимальних кількостей найбільш дорощих дистилятних нафтопродуктів. У зв'язку з цим, для флоту, одним з основних завдань є застосування раціональних технологій використання морськими суднами низькоякісних сортів палива. Воно вирішується правильним вибором методів обробки палива перед його використанням, з урахуванням значень його характеристик. Для цих цілей суднові механіки повинні контролювати і управляти показниками, які визначають якість палива. При цьому необхідно дотримуватися нормативних вимог щодо охорони навколишнього середовища при експлуатації СЕУ.

1. Основні властивості нафти і особливості її переробки

Для отримання палив, нафту піддають переробці, які включають наступні основні процеси [1]:

- пряма дистиляція (атмосферна і вакуумна);
- крекінг (термічний, каталітичний і вісбрейкінг);
- коксування (отримання коксу і палива з особливо низьким вмістом сірки);
- полімеризація і риформінг бензинових фракцій.

Експлуатаційні властивості являють собою сукупність фізико-хімічних показників певної категорії палива. У результаті прямої дистиляції, у ході якої нафту підігрівають, із атмосферних і вакуумних ректифікаційних колон відбирають дистилятні фракції, а на їх денах збираються залишки нафти. Кількість залишків залежить від родовища та хімічного групового складу нафти і становлять 35% - 80% від початкової кількості нафти. Якщо залишки нафти мають невелику кількість, то вони можуть бути спрямовані на приготування важких залишкових сортів палива, шляхом їх змішування з більш легкими фракціями.

Для парафінової нафти характерна наявність великої кількості вуглеводнів з малою молекулярною масою, і при переробці вона дає великий вихід дистилятних фракцій. Нафти, основу яких складають ароматичні вуглеводні і містять значні кількості важких асфальто-смолистих з'єднань, при переробці отримують малі кількості дистилятів, в основному з них одержують залишкові фракції і бітуми. Слід зазначити, що з парафінової нафти виробляють найбільші кількості продуктів прямої дистиляції, ніж за інші типи сирої нафти.

Для того щоб підвищити ефективність переробки нафти, застосовуються вторинні методи її обробки, тому залишки дистилятних процесів, як правило, спрямовуються для подальшої переробки. Вторинна переробка залишків процесів прямої дистиляції відбувається в установках каталітичного і термічного

крекінгу, а також вісбрейкінгу, що є процесами деструктивної обробки і полягає в розщеплюванні великих молекул вуглеводнів на дрібні молекули, що проходить в умовах підвищених значень температури і тиску, а також в присутності каталізаторів. Умови, що створюються, призводять до нестабільного стану великих молекул вуглеводнів, які мимоволі руйнуються з утворенням молекул, що володіють малою молекулярною масою.

При застосуванні вторинних методів, вихід легких нафтопродуктів підвищується, а кількість залишкових продуктів, що йдуть на приготування важких палив, скорочується.

Слід зазначити, не дивлячись на те, що вартість на морські сорти палива постійно збільшується, їх якість має постійну тенденцію до погіршення. Це пов'язано з тим, що вдосконалення технологічних процесів вторинної обробки нафти, спрямовано на отримання з нафти максимальних кількостей більш дорогих дистилятних нафтопродуктів. При цьому скорочується кількість залишків крекінг процесів, що використовуються для приготування важких палив. У залишках крекінг процесів і вісбрейкінгу, які мають в'язкість приблизно 600-1000сСт, концентруються: важкі вуглеводні складної циклічної структури; неграничні вуглеводні, схильні до полімеризації і утворення асфальто-смолистих з'єднань; значні кількості сірки, ванадію і інших компонентів, що входять до складу нафти, а також частки оксидів алюмінію і кремнію, що забезпечують каталітичний крекінг процес (ККП) переробки нафти. В цілому це і визначає погіршення властивостей морських залишкових сортів палива.

Наявність перерахованих хімічних сполук і елементів у важких сортах палива створює ряд проблем при їх використанні в СДУ, викликають порушення процесу згоряння, інтенсивні зноси і ушкодження деталей і вузлів дизелів. До них слід віднести:

- частки каталізаторів ККП переробки нафти - абразивний знос, який може мати катастрофічні наслідки;
- вміст сірки - низькотемпературний корозійний знос;
- ванадій - високотемпературний корозійний знос;
- асфальто-смолисти з'єднання - негативно впливають на процеси розпилювання палива і його згоряння, викликаючи ушкодження деталей ЦПГ, і ГТК, крім того збільшується утворення шламу і виникають проблеми з сумісністю і стабільністю палив.

2. Властивості каталізаторів і їх вплив на виникнення пошкоджень компонентів суднових дизелів

Аналіз причин пошкоджень СДВЗ показує, що в багатьох випадках вони є комбінацією несправностей деталей і вузлів які ініційовані раптовими і інтенсивними зносами паливної апаратури, поршневих кілець і втулок циліндрів, за досить короткий період експлуатації, які раніш знаходились в доброму технічному стані і забезпечували стійке функціонування. Дуже часто ці пошкодження мають катастрофічний характер, і їх причиною стало присутність у паливі дрібних часток каталізаторів ККП переробки нафти. Коли відбуваються пош-

кодження поршневих кілець і циліндрових втулок, то це призводять до тяжких наслідків [2, 3].

Каталізатори, що використовуються в ККП, є оксиду алюмінію (корунд) $A1_2O_3$, діоксид кремнію (силікат) SiO_2 і силікату алюмінію Al_2SiO_5. Наявність певної кількості каталізаторів, що залишаються в паливі, синонімічно з виявленням кількостей оксидів алюмінію і силікатів (SiO_2 и Al_2SiO_5). Каталітична діяльність оксидів алюмінію і силікатів визначає більш високу твердість каталізаторів. Початкова твердість каталізаторів змінюється в напрямку збільшення їх твердості, і, таким чином, в результаті посилюється абразивні властивості каталізаторів.

Розміри часток каталізаторів коливається в широких межах - від 5μ до 150μ. Частки розміром від 25μ і менше складають більше 75% від загальної кількості часток [2].

Розміри часток каталізаторів, укорінених в поверхні ковзання циліндрових втулок, у багатьох випадках, мають розміри від 10μ до 20μ.

Частки каталізаторів мають високу гідрофільність (змочуваність водою). Тому, якщо в паливі присутня вода, то частки каталізаторів будуть обволікатися водою і перебувати всередині крапель води, утримуючись у них у зваженому стані. У важких марках палива, яким притаманні високі значення густини, таких як RMK 180, 380, 500 і 700, частки каталізаторів розподіляються по усьому об'єму палива в цистернах зберігання і відстоювання, тому утруднено відділення часток каталізаторів в цистернах, а також в відцентрових сепараторах.

Каталізатори часто укорінюються в структуру графіту поршневих кілець та основний матеріал сплаву циліндрової втулки, і багато часток мають майже той самий розмір що й графіт. Деякі з часток каталізаторів укорінюються в поверхню втулки у межах робочої поверхні ковзання і виступають над нею, стимулюючи стирання при русі кілець уздовж поверхні ковзання, тим самим, спричиняючи абразивне зношення.

Каталізатори з розміром часток, що перевищують товщину оливної плівки, легко захоплюються, і викликають абразивне зношення. Абразивне зношення не відбувається, коли розмір часток каталізаторів значно більшій або меншій ніж товщина оливної плівки. Якщо каталізатори потрапляють у двигун, то вони викликають несправності деталей і вузлів які мають поверхні ковзання: прецизійних компонентів паливних насосів і форсунок, кілець поршнів, втулок циліндрів, штоків поршнів і їх ущільнень та інші.

3. Заходи протидії присутності у паливі каталізаторів та їх ефективному усуненню з палива

Дослідження, які здійснені компаніями «Mitsubishi», «Alfa - Laval» та «Westfallia» відносно сепарування важких сортів палива в'язкістю від 180 до 380сСт при 50°С показують, що приблизно 90% каталізаторів можуть бути усунено за допомогою використання одноступінчатого очищення відцентровим сепаратором, налаштованим в режим пуріфікації [2]. При зменшенні продуктивності сепаратора до 25% від номінального значення, ступінь усунення

часток каталізаторів збільшилось і склало 92%. На підставі виконаних досліджень отримано наступні відмінності в ступені усунення часток каталізаторів у залежності від режиму роботи відцентрових сепараторів:

- ступінь усунення часток каталізаторів при роботі одним сепаратором - 70%;
- ступінь усунення часток каталізаторів при послідовній роботі двох сепараторів - 80%;
- ступінь усунення часток каталізаторів при паралельній роботі двох сепараторів - 85%.

На рисунку 1 показано процес очищення важкого палива з використанням устаткування системи попередньої обробки палива компанії «Alfa - Laval» (відстійна цистерна, пуріфікація, кларіфікація і фільтрація), який ілюструє особливі відмінності відцентрових сепараторів по усуненню часток каталізаторів.

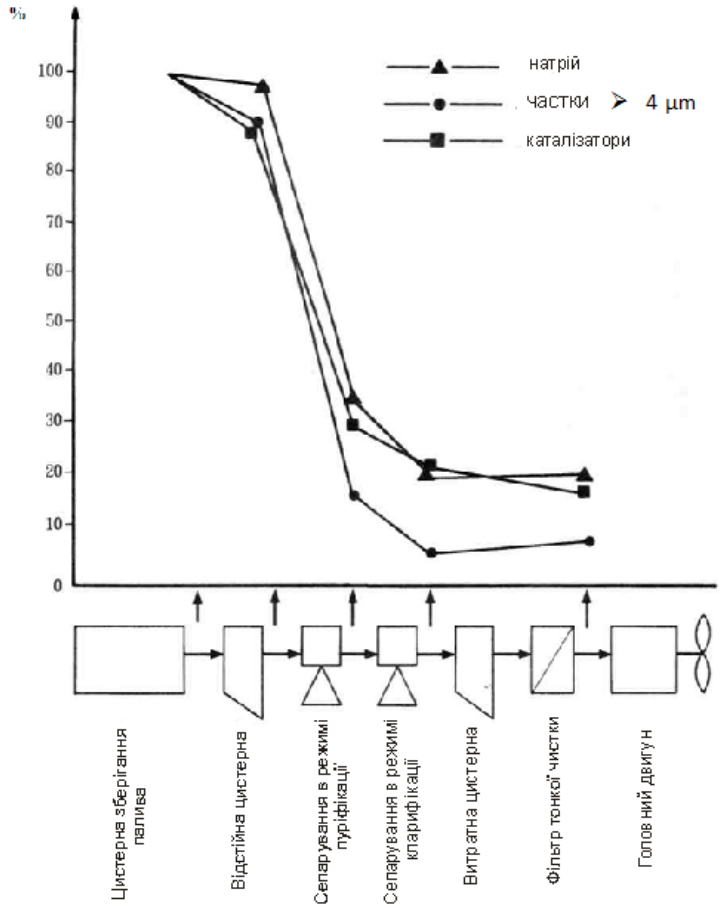


Рис. 1 - Зміна кількості механічних домішок (%) в важких морських сортах палива в системі обробки палива

Частки каталізаторів володіють високою гідрофільністю, тому якщо паливо обводнюється, то частки каталізаторів утримуватимуться поверхневим натягненням плівки води всередині краплі і знаходитися в зваженому стані. У зв'язку з цим відцентровий сепаратор повинен достатньо ефективно відокремлювати воду. Якщо вода не може бути відокремлена, то погіршується і ступінь усунення часток каталізаторів.

Необхідно не приймати бункер, що містить каталізатори. Однак, в практиці експлуатації судна важко заздалегідь ідентифікувати присутність у паливі каталізаторів і відмовитися від прийому бункера. В залежності від обставин, бункерне паливо яке містить наднормативний вміст каталізаторів має бути повернуто постачальнику.

Якщо встановлено присутність каталізаторів в паливі, то можливо їх усунення в суднових системах попередньої обробки палива. Частки каталізаторів з розмірами від 10μ до 20μ діють як агресивний абразивний компонент, що викликає ушкодження компонентів СДВЗ [1, 3]. В зв'язку з цим рекомендується зробити наступні заходи по ефективному усуненню часток каталізаторів що містяться в паливі, і знизити сумарний вміст часток ККП на вході в двигун не вище 10 ppm [2]:

1 Належним чином регулювати витрату палива через відцентровий сепаратор, підтримуючи певне відношення до номінальної продуктивності, при цьому слід враховувати, що ступінь очищення 80% або більше, досягається тоді, коли продуктивність знижується менше за 25% від номінального значення.

2 Ґрунтуючись на результатах досвіду експлуатації встановлено, що частки каталізаторів володіють гідрофільністю і ефективність усунення каталізаторів знижується при збільшенні вмісту води в паливі. Тому рекомендується: запобігати обводненню палива; підігрівати паливо у відстійної цистерні до максимально допустимих значень.

3. При сепаруванні важких палив здійснювати їх підігрів на вході в сепаратор до максимальних значень температури, беручи до уваги, що чим вище температура, тім краще паливо відокремлюється від води і каталізаторів, тобто вище 98°С, до 110°С - 115°С. В цих випадках в якості в якості керуючої води необхідно використовувати дистилят.

4 Встановити додатковий фільтр тонкого очищення безпосередньо на вході в двигун (перед паливним насосом високого тиску), який повинен бути мати байпасування і включатися в дію якщо відомо, що зміст часток ККП в паливі більше 20 ppm [2].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Занько, О. Н. Технологии использования рабочих веществ в судовых энергетических установках: учебник [для курс. и студ. морских высш. учеб. завед.] / О. Н. Занько, В. Н. Калугин, И. В. Логишев – Одесса: Изд-во «Феникс», 2015. – 506 с.

2. Guidance for Measures to Cope with Degraded Marine Heavy Fuels. Published by Nippon Kaiji Kyokai, Printed in Japan, 1997.-142 p.

3. Main Engine Damage Study 2015. [Электронный ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http//www.swedishclub.com/

УДК 621.426

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

Снижение уровня минимально неизбежных потерь в судовых энергетических установках

Энергетические комплексы речных и морских судов представляют собой многокомпонентные структурные объекты, функционирование которых начинается с приема на борт судна рабочих жидкостей (топлива, масла, воды); основной эксплуатационной задачей которых является трансформация потенциальной энергии рабочих жидкостей в полезную работу, обеспечивающую либо движение судна, либо вырабатывание тепловой и электрической энергии; завершающим этапом производственного цикла которых является удаление отработавших газов и охлаждающих жидкостей в окружающую среду [1].

При этом необходимо обеспечивать не только требования по получению эффективной мощности и поддержания экологических параметров, но и поддерживать минимальный уровень неизбежных потерь при преобразовании входящей энергии в полезную работу [2].

Основные энергетические преобразования в функциональной схеме рабочие вещества – тепловой двигатель – полезная работа происходят при обеспечении процесса трансформации потенциальной энергии рабочих жидкостей в кинетическую энергию кривошипно-шатунного механизма (КШМ) и связанных с ним потребителей энергии.

Тепловыми двигателями судовых энергетических установок (СЭУ) речных морских судов являются паровые котлы, газовые турбины и двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Причем именно ДВС в настоящее время получили доминирующее распространение на всех без исключения судах, вне зависимости от их водоизмещения, типа и назначения. Ведущие дизелестроительные концерны и фирмы выпускают судовые дизели в широком диапазоне размеров (с диаметром цилиндра от 0,1 до 0,98 м), количества цилиндров (от 4-х до 18-ти) и мощности (от 100 до почти 100000 кВт).

Функционирование судового ДВС невозможно без подведения к нему энергии с рабочими жидкостями:

- водой (для обеспечения процесса отвода теплоты от деталей цилиндровой группы и системы наддува);
- маслом (для обеспечения процессов охлаждения и смазывания цилиндропоршневой группы и деталей движения – подшипников, коленчатого и распределительного валов, механизмов газо-выпускной системы);
- топливом (для процесса его сгорания и последующего расширения образованных при этом газов).

При этом непосредственно в кинетическую энергию вращения коленчатого вала преобразуется только потенциальная энергия, подводимая с топливом, а энергия, подводимая с водой и маслом, обеспечивает протекание этого процесса и дальнейшее получение полезной работы.

Энергетическая эффективность тепловых двигателей характеризуется соотношением получаемой работы и затраченной на ее получение тепловой энергии. В практике оценки эффективности тепловых двигателей широко используется энергетический метод, заключающийся в определении составляющих энергетических балансов, энергетического коэффициента полезного действия (КПД) и оценке на этом основании энергетических потерь, сопровождающих работу двигателя. Реже используется метод эксергетического анализа, предполагающий определение эксергетических балансов и эксергетических КПД.

Многочисленные контактные узлы судовых ДВС представляют собой трибологические системы (ТС), связывающие внешние воздействия и полезную работу [3]. Под внешним воздействием, с помощью которого в ТС поступает энергия, представляется комплекс полей механических и электромеханических сил, химических реакций и тепловых полей. При этом преобразование энергии происходит за счет:

кинетического воздействия (скорость линейного перемещения, частота вращения);

динамического воздействия (давление при перемещении или изменении агрегатного состояния рабочих веществ, скорость распространения акустических и гидродинамических волн);

теплового воздействия (изменение градиента температур рабочих веществ и тепловых потоков).

Учитывая что, последствием кинетического и динамического воздействий на ТС является поступление в нее механической энергии, а результатом теплового воздействия – увеличение тепловой энергии, внешние воздействия имеют энергетический характер.

При передаче энергии через ТС неизбежно происходят ее потери, которые можно разделить на три фазы. При введении энергии (работы) в зону трибологического контакта образуется фактическая поверхность контакта. Затем происходит диссипация (рассеяние) энергии: накопление энергии, эмиссия, превращение накопленной энергии в теплоту и энтропию.

Потенциальная энергия топлива, сгораемого в цилиндре дизеля, с помощью кривошипно-шатунного механизма (КШМ) преобразуется в кинетическую энергию вращения коленчатого вала дизеля, а также кинематически связанного с ним распределительного вала. Вращение последнего обеспечивает возвратно-поступательное перемещение прецизионной пары плунжер-втулка топливного насоса высокого давления. Аналогичное движение совершает поршень в цилиндре дизеля при работе КШМ. Передача поступательного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала и связанного с ним потребителей энергии невозможна без использования подшипников скольжения (которыми являются мотылевые и рамовые), а также подшипников валопровода (упорных и опорных). Именно в этих узлах трения и возникают основные потери энергии, которые относят к категории неизбежных затрат при получении полезной работы.

Потери энергии при передаче полезной (индикаторной) мощности к потребителю лежат в широких пределах, и могут составлять 6…10 % – в случае эксплуатации судовых ДВС на номинальном режиме, и до 100 % – при эксплуатации на холостом ходу. Минимизации этих потерь и обеспечение минимальных значений в течении длительного времени является актуальной задачей, на решение которой направлены научные исследования, проводимые как дизелестроительными корпорациями, так и отдельными научно-производственными фирмами и институтами.

Концепции развития производства ДВС ведущих концернов, таких как MAN-Diesel & Turbo, Wartsila-Sulzer, Mitsubishi Heavy Industries, сводятся к увеличению цилиндровой мощности, повышению отношению хода поршня к диаметру цилиндра, увеличению степени наддува дизеля. Однако, увеличение мощностных показателей судовых ДВС имеет и отрицательную сторону, в частности это приводит к повышению тепловой и динамической напряженности в основных деталях ДВС, что может способствовать росту механических потерь.

Анализ опыта проектирования и эксплуатации судовых пропульсивных комплексов, обеспечивающих минимально неизбежные невозвратные потери [4] показывает, что их совершенствование целесообразно вести в следующих направлениях:

повышение устойчивости работы деталей КШМ (в трибологической системе поршневое кольцо – смазочный материал – втулка цилиндра) и подшипников движения (мотылевых и рамовых подшипников, работающих в режиме гидродинамической а особенно граничной смазки);

- снижение потерь энергии за счет уменьшения упругодемпфирующих свойств смазочного материала, обеспечивающего процессы смазывания и охлаждения КШМ и подшипников, обеспечивающих работоспособное состояние коленчатого вала и линии валопровода;
- минимизация гидравлических потерь в топливной аппаратуре высокого давления;
- повышение ресурса контактных поверхностей основных трибосоединений дизеля, вала и гребного винта;
- развитие методов диагностики технического состояния узлов и деталей дизеля, а также функциональных характеристик рабочих жидкостей, обеспечивающих получение полезной работы;
- совершенствование методов, способствующих снижения термических и динамических нагрузок на подвижные и неподвижные детали дизеля и валопровода.

Реализация этих задач должна учитывать не только специфику обеспечения протекания рабочего процесса в цилиндре дизеля с максимальной тепловой и энергетической эффективностью, но и особенности функционирования основных контактных узлов дизеля в условиях гидродинамической и граничной смазки [5].

Применяемые в настоящее время на речных и морских судах мероприятия, обеспечивающие требуемый уровень минимально неизбежных невозвратных потерь, основываются на: снижении затрат энергии на преодоление механических потерь; поддержании экономичности работы тепловых двигателей; выполнении заданных скоростных и мощностных характеристик судового пропульсивного комплекса. При этом строго выполняются нормативные требования по технической эксплуатации судовых технических средств, а также положения международных и национальных нормативных актов и документов по защите окружающей среды.

Оценка энергетической эффективности работы тепловых двигателей (в частности двигателей внутреннего сгорания), а также прогнозирование их безаварийной работы осуществляется исходя из общепринятых методик, опыта и практики их эксплуатации, статистики отказов и аварийных ситуаций, которые не учитывают особенности работы основных контактных узлов трения ДВС (детелей КШМ и подшипников коленчатого вала) при постоянном изменении тепловых, механических и динамических нагрузок. Эти изменения отражаются на эксплуатационных, реологических и триботехнических характеристиках рабочих жидкостей (в первую очередь топлива и моторного масла) и приводят к неуправляемой диссипации полезной энергии. Одновременно с этим в наноструктурированных слоях топлива и масла происходят процессы внутренней самоорганизации молекулярного построения, что способствует уменьшению амплитуды силового воздействия движущихся деталей дизеля на неподвижные, а повышение внутренней упругости этих слоев обеспечивает процесс релаксации внешних нагрузок и их дальнейшее колебательное или асимптотическое затухание [6].

Возникающие таким образом противоречия между нормативными способами определения энергетических показателей судна и действительным характером распределения полезной энергии во всем комплексе ее передачи от источника возникновения до потребителя, существенно затрудняют теоретическое описание и аналитические расчеты по определению минимально неизбежных невозвратных потерь энергии. Возникающие при этом неуправляемые процессы диссипации энергии в трибологических парах судовых дизелей требуют их комплексного изучения.

Экспериментальные исследования в этом направлении усложняются неизбежностью проведения теплотехнического контроля практически всех основных конструкционных узлов двигателя, а также необходимостью учета большого диапазона изменения внешних температурных режимов. Поэтому, для разработки достоверных методик оценки процесса энергопреобразования на судах с минимально неизбежными необратимыми потерями целесообразно использовать аналитические методы, которые дают возможность получить расчетные значения не прямых показателей энергоэффективности (тепловых потоков в комплексе теплотворная способность топлива – эффективное тепловыделение в рабочем цикле), а косвенных параметров использования энергии (полезной мощности и потерь на трение). При этом данные аналитические методы должны учитывать особенности состояния рабочих жидкостей (топлива

и масла), а также вид контактных взаимодействий в трибологических парах дизеля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голіков В. А. Розвиток сучасної теорії і практики технічної експлуатації морського і річкового флоту: концепції, методи, технології / В. А. Голіков, О. А. Онищенко // Судовые энергетические установки : науч.-техн. сб. – 2017. – № 37. – С. 13-27.

2. Golikov V. A. A simple technique for identifying vessel model parameters / V. A. Golikov, V. V. Golikov, Ya. Volyanskaya, O. Mazur, O. Onishchenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 4th International Scientific Conference SEA-CONF 2018, Published by IOP Publishing Ltd, 2018. – Vol. 172. – № 012010. – P. 1-8. – doi :10.1088/1755-1315/172/1/012010.

3. Sagin S. V. Motor Oil Viscosity Stratification in Friction Units of Marine Diesel Motors / S. V. Sagin, O. V. Semenov // American Journal of Applied Sciences, 2016. – Vol.13. – Iss. 2. – P. 200-208. DOI: 10.3844/ajassp.2016.200.208.

4. Солодовников В. Г. Обеспечение требований энергетической эффективности при подготовке тяжелых топлив для судовых двигателей внутреннего сгорания / В. Г. Солодовников // Austria-science. – 2017. – № 7.– С. 33-37.

5. 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.

6. 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. – 2016. – Vol. 9. – Iss. 46. – P. 353-362. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i46/107516.

УДК 629.436

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

Оптимизация построения систем топливоподготовки судовых дизельных установок при использовании высоковязких сортов топлива

Эксплуатационные режимы работы современных дизельных энергетических установок, работающих как по двух-, так и по четырехтактному циклу, обеспечиваются тяжелыми сортами топлива RME и RMF. Применение топлив с вязкостью, превышающей 380 сСт, способствует существенному снижению расходов на его приобретение, вынуждая при этом производить его дополнительную подготовку перед использованием. Использование подобных сортов топлива в четырехтактных дизелях вынудил к решению специфической задачи: либо перекомплектация топливной системы высокого давления новой топливной аппаратурой, которая смогла бы обеспечить надежную работу дизеля на таких сортах топлива; либо применение дополнительной обработки топли-

ва, которая смогла бы обеспечить улучшение структурных характеристик топлива. Решение задачи по первому варианту сопряжено с изменением конструкционных характеристик дизеля и в любом случае невозможно без проведения дополнительных испытаний на действующих дизелях. Второй вариант решения поставленной задачи требует предварительных научных исследований или синтеза ранее полученных результатов и дооборудования штатных систем топливоподготовки дополнительными функциональными узлами. При этом во втором случае необходимы меньшие финансовые вложения в уже существующую систему топливоподготовки, поэтому вопросы исследования и применения дополнительных методов обработки топлива являются более актуальными, чем вариант переоборудования и связанные с ним настройка и регулирование топливной аппаратуры высокого давления [1].

Задачей исследования являлась оценка возможности применения ультразвуковой обработки топлива как дополнительного метода обработки топлива в уже существующей топливной системе судового дизеля. Кроме того, при исследованиях (которые выполнялись на судовом дизеле 6DKM-20 фирмы Daihatsu Diesel и его модернизированной системе топливоподготовки) определялся сернистый износ цилиндропоршневой группы дизеля, работающего на топливе, прошедшем разные стадии подготовки, а также экономические параметры его работы [2].

Схема штатной и переоборудованной топливной системы показана на рис.1. В штатном исполнении топливной системы подготовка и подача топлива к дизеля осуществляется следующим образом. Из отстойной цистерны *1* топливо подается насосом *2* в топливную магистраль, где последовательно проходит расходную цистерну *3* с встроенным паровым подогревателем, фильтр грубой очистки *4*, сепаратор *5*, электрический подогреватель *7*, после чего подкачивающим насосом *8* подается в расходную цистерну *9*, откуда поступает к дизелю *10*.

В переоборудованную топливную систему дополнительно включаются ультразвуковой генератор 1-ой ступени, расположенный в дополнительной «проходной» топливной цистерне *6*, и ультразвуковой генератор 2-ой ступени, расположенный в «штатной» расходной цистерне *9* [3].

Расположение ультразвукового генератора 1-ой ступени способствовало предварительной обработке топлива и максимальному размельчению механических примесей, находящихся в топливе. Этот факт был зафиксирован путем анализа проб топлива, отбираемого после сепаратора *5* (для «штатной» системы подготовки топлива) и после ультразвукового генератора 1-ой ступени (для модернизированной системы подготовки топлива). Аналогичный анализ проб топлива выполнялся после расходной цистерны *9*, как для штатной топливной системы, так и для модернизированной. При этом в модернизированной топливной системе в расходной цистерне *9* устанавливался ультразвуковой генератор 2-ой ступени, а дополнительная обработка топлива непосредственно перед топливной аппаратурой дизеля способствовала максимальному использованию эффекта раздробления как молекулярных цепочек топлива, так и сернистых соединений и механических примесей [4].

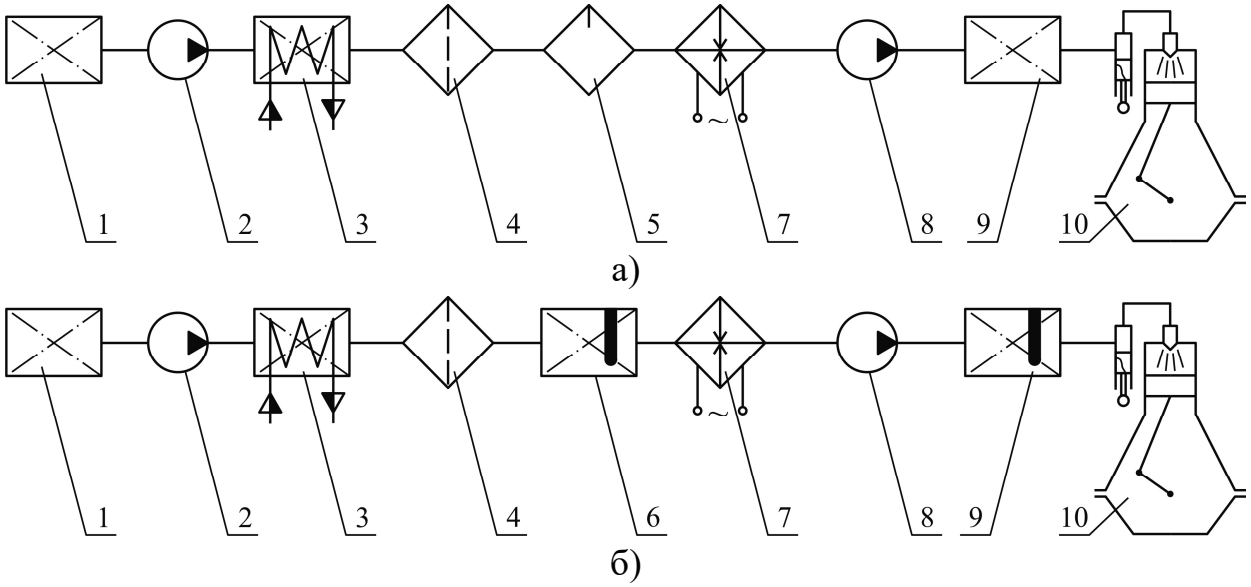


Рис. 1. Схема штатной (а) и переоборудованной (б) топливной системы судового дизеля 6DKM-20 фирмы Daihatsu Diesel:
1– отстойная цистерна; 2, 8 – топливный насос; 3 – расходная цистерна; 4 – фильтр грубой очистки; 5 – топливный сепаратор; 6 – дополнительная «проходная» топливная цистерна с ультразвуковым генератором 1-ой ступени; 7 – электрический подогреватель; 9 – расходная цистерна (с ультразвуковым генератором 2-ой ступени для модернизированной топливной системы); 10 – дизель

Преимущество предлагаемой системы топливоподготовки по сравнению со штатной системы заключается в практическом отсутствии потери горючих составляющих топлива, которое происходит в центробежном сепараторе. Кроме того, последовательная обработка топлива при помощи ультразвуковых генераторов 1-ой и 2-ой ступени обеспечивала работу системы топливоподготовки не только почти без потерь топлива, но и с очень высокой эффективностью ультразвуковой обработки, что интенсифицировало процесса горения топлива и тем самым обеспечивало снижение его удельного расхода.

На протяжении всего эксперимента дизели работали на постоянном сорте топлива и циркуляционного масла. Кроме того, дизели работали с постоянным контролем времени эксплуатации и эксплуатационной нагрузки, разница в которой не превышала 10 кВт для каждого дизеля, что с учетом их эксплуатационной мощности 680…720 кВт не превышало 3 %.

Задачей исследования было определение износа верхнего поршневого кольца для дизеля, работу которого обеспечивала штатная система топливоподготовки, и дизеля, работающего на топливе, прошедшем двухступенчатую ультразвуковую обработку. Кроме того, для обоих случаев определялись удельный расход топлива и температура выпускных газов, как параметры, характеризующие качество процесса сгорания. Определение износа верхнего поршневого кольца (рис. 2, а) выполнялось путем его очистки и последующего взвешивания на электронных весах, а измерение износа цилиндровой втулки (рис. 2, б) – путем микрометрического обмера в шести различных диаметральных сечениях.

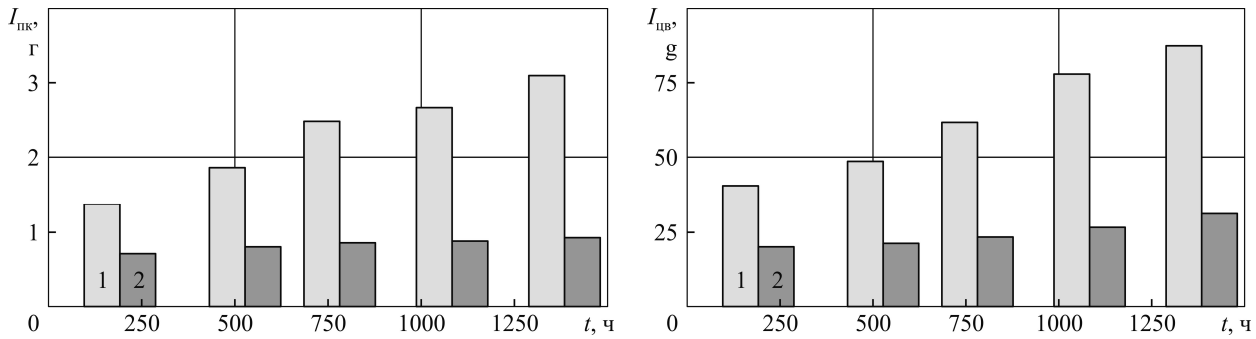


Рис. 2 – Зависимость износа верхнего поршневого кольца (а) и цилиндровой втулки (б) дизеля 6DKM-20 фирмы Daihatsu Diesel от времени работы:

1 – штатная топливная система; 2 – модернизированная топливная система

Определение удельного эффективного расхода топлива b_e и температуры выпускных газов $t_{ух}$ (табл. 1) выполнялось с помощью судовых измерительных приборов и не требует дополнительного пояснения.

Таблица 1. Диапазон изменения удельного эффективного расхода топлива и температуры выпускных газов для судового дизеля 6DKM-20 фирмы Daihatsu Diesel, работающего со штатной и модернизированной топливной системой

Контролируемый параметр	Нагрузка на дизель, %			
	35±5	50±4	60±3	75±3
	штатная топливная система			
Удельный эффективный расход топлива, г/(кВт·ч)	221±3	215±3	209±2	206±2
Температура выпускных газов, °С	412	419	432	446
	модернизированная топливная система			
Удельный эффективный расход топлива, г/(кВт·ч)	208±3	205±2	203±2	202±2
Температура выпускных газов, °С	388	396	402	407

Поведенные исследования позволяют сделать следующие выводы. Применение ультразвуковой обработки топлива обеспечивает снижение массового износа верхнего поршневого кольца (на 54…71 %), а также линейного износа цилиндровой втулки (на 52…64 %), что объясняется уменьшением сернистой коррозии цилиндро-поршневой группы. Также при этом снижается (с 412…446°С для штатной топливной системы до 388…407°С для топливной системы, обеспечивающей ультразвуковую обработку топлива) диапазон температуры выпускных газов, являющейся одним из критериев тепловой нагрузки дизеля и совершенства протекания его рабочего цикла. Кроме того, использование ультразвуковой обработки топлива способствует снижению удельного эффективного расхода топлива (на 2,5…4,9 % в зависимости от режима работы дизеля), что повышает экономичность работы дизеля.

Также необходимо отметить, что в модернизированной системе подготовки топлива за счет использования двухступенчатой ультразвуковой обработки топлива удалось полностью исключить процесс сепарации топлива. Как известно при сепарировании топлива вместе с отделяемой и удаляемой из его

объема водой и механическими примесями из топлива удаляется и часть горючих составляющих (углерод и водород), что снижает теплотворную способность топлива и способствует увеличению удельного расхода топлива. Обеспечение постоянства теплотворной способности топлива, а также замена энергоемкого процесса сепарировании на ультразвуковую обработку, требующую меньших затрат энергии, также способствует повышению экономических характеристик работы дизеля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солодовников В. Г. Обеспечение требований энергетической эффективности при подготовке тяжелых топлив для судовых двигателей внутреннего сгорания / В. Г. Солодовников // Austria-science. – 2017. – № 7.– С. 33-37 / publishing «Austria-science»© 2017.

2. Солодовников В. Г.Ультразвуковая обработка топлива для снижения сернистой коррозии в судовых среднеоборотных дизелях / В. Г. Солодовников // Автоматизация судовых технических средств: наук.-техн. сборник. – 2015. – Вып. 20. – С. 84-91.

3. Solodovnikov V. G. Ultrasonic fuel processing as a method of improving the technical condition and economic characteristics of ship diesels / V. G. Solodovnikov // American Scientific Journal, 2017. – № 15. – Iss. 2. – P. 59-62.

4. 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, Vol. 9, № 5. – 2015. – P. 269-278. DOI:10.5539/mas.v9n5p269.

УДК 502/504:656.61(045)

Демідова Н.П.

Національний університет «Одеська морська академія»

Проблема підвищення екологічної ефективності суден: інформаційний пошук

На морських і річкових суднах у якості головних та допоміжних двигунів використовуються дизелі, що працюють на важких і легких сортах вуглеводного палива. Це створює як проблему енергоефективності при забезпеченні ходкості судна, так і проблему його екологічності при плаванні у різних районах Світового океану, прибережній зоні, на підходах до портів та їх акваторіях.

Морський флот відіграє велику роль у забрудненні навколишнього середовища. Зараз до цих обставин додався всесвітній заклик до захисту навколишнього середовища у морському транспортному співтоваристві, що стосується забруднення водних ресурсів і атмосфери. Ця турбота про екологію підтверджена рішеннями Міжнародної морської організації (ІМО) у вигляді встановлення більш жорстких вимог.

Сучасні вимоги щодо обмеження викидів оксидів NOx і SOx регламентовані Додатком VI (2005р.) міжнародної Конвенції по попередженню забруднення з суден (англ. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, MARPOL 73/78), прийнятої IMO. Для запобігання забруднення атмосфери з суден Додаток VI Конвенції МАРПОЛ забороняє викид озоноруйнуючих речовин відповідно до Монреальського протоколу; регулює викид вихлопних газів: NO_x – скорочення на 6…10 % в порівнянні з неконтрольованими двигунами, SO_x – припустима межа вмісту в звичайних районах 4,5%, а в спеціальних районах з контролю за викидами сірки SECA (Sulfur Emission Control Area), у яких норми викиду значно знижено (NO_x до 3,4 г/кВт·год) для суден, побудованих після 1 січня 2016 року, – 1,5 %. Крім того, кількість таких районів зростає з кожним роком [1-3].

Зміна режиму ходу судна, а, отже і навантаження на його гідропропульсивний комплекс, суттєво впливає на термохімічний склад суднової атмосфери та води, який суворо нормується по районах плавання. Так зниження викидів оксидів: CO_x на 10 % потребує додаткового споживання енергії на 4…7 % відносно механічної енергії, що виробляється на ходовому режимі; NO_x на 10 % потребує додатково 6…8 % енергії, а SO_x на 10 % – 7…11 % енергії ходового режиму [2, 3].

Проблемою у судновій енергетиці є підвищення екологічності суден шляхом заміни вуглеводного палива за умови збереження енергоефективності та мінімізації вмісту токсичних складових у відпрацьованих газах.

У процесі іноваційної діяльності щодо модернізації суднових дизелів основна увага вчених спочатку зверталась на економічні показники суднових установок, потім на надійність, а з переходом двигунів на важкі сорта топлива – на екологічність.

Основна група екологічно-небезпечних речовин утворюється в процесі перетворення потенційної енергії палива в енергетичній установці. Найнебезпечнішими забруднювачами (шкідливими викидами) атмосфери є наступні газоподібні речовини й частки, що викидаються з циліндрів у складі відпрацьованих газів:

- окис вуглецю і двоокис вуглецю, що утворюються в результаті горіння;
- оксиди азоту NO_x, що утворюються в циліндрі двигуна при температурі понад 1200 °С, коли азот стає хімічно активним газом;
- оксиди сірки SO_x: ангідриди окиснення SO_2, SO_3;
- продукти неповного згоряння C_xH_x;
- тверді дрібні частки не повністю згорілого палива, мастила, сажі й ін.

При введенні міжнародних норм на викиди екологічно-шкідливих речовин виникає необхідність вибрати досить ефективний метод їх зниження. Боротьбу з викидом можна вести первинними методами, впливаючи на робочі процеси дизелів таким чином, щоб зменшити кількість шкідливих речовин, що утворюються в циліндрах і впливають на екологію.

До первинних методів зниження емісії можна також віднести вибір оптимального режиму роботи дизеля. Наприклад, якщо головний дизель має навантажений гвинт регульованого кроку, то для зниження емісії NO_x малий і сере-

дній хід доцільно здійснювати в режимі постійної частоти обертання (n = const), тобто змінювати швидкість судна тільки шляхом зміни кроку гвинта; це дозволить знизити викид NO_x на 10-20 %. В цілому, завдяки застосуванню первинних методів, реально досягти зниження емісії NO_x на 30-50 %.

Вторинні методи спрямовані на видалення шкідливих викидів з випускних газів і здійснюються поза циліндром двигуна. Так, удосконалення очищення викидних газів може бути забезпечено за рахунок уніфікації та інтенсифікації процесів фільтрації й охолодження газового потоку шляхом міжфазної контактної взаємодії в шарі води, що барботує. Зменшення концентрації екологічно-шкідливих з'єднань NO_x на 99,7 %, SO_x на 97,7 % і теплового навантаження на 30 % здійснюється дискретною зміною площі контактної взаємодії газів з водою у герметичному фільтро-охолоджуючому елементі в діапазоні об'ємної витрати газів 2-5 $м^3/с$ [2].

Використання енергії рециркуляції випускних газів суднових дизелів, завдяки зниженню максимальної температури згоряння, перешкоджає утворенню оксидів азоту. Зміна ступеня рециркуляції випускних газів в діапазоні 4,7...18,8% сприяє зниженню концентрації оксидів азоту NO_x в випускних газах на 19,5...48,8%, при чому більші значення відповідають інтервалу навантажень (0,77...0,93) Ne_{nom}, тобто найбільш поширеним з експлуатаційних режимів роботи дизеля [3].

Зниження емісії оксидів сірки SO_x у випускних газах здійснюється, як правило, за допомогою використання скрубберного очищення. У застосуванні до суднових двигунів цей метод використовується для транспортних і пасажирських суден каботажного плавання, порти заходів яких можуть забезпечити прийом і подальшу утилізацію води, що використовується в контурах скрубберного очищення.

Зниження емісії SO_x у випускних газах сприяє лише покращенню екологічних параметрів двигунів і не впливає на технічний стан деталей дизеля і протікання процесу згоряння палива. Крім того, спосіб десульфуризації палива в суднових умовах забезпечує зниження корозійного зносу ЦПГ і зменшення концентрації SO_x у викидних газах суднового середньообертового дизеля при його роботі на високосірчистих паливах [4].

Проблема скорочення токсичних викидів від високообертових двигунів внутрішнього згоряння особливо гостро стоїть у прибережних вода і портах, де в основному вони якраз і працюють у якості допоміжних (дизель-генераторів) або навіть головних двигунів. Так, для допоміжних двигунів при входженні суден у прибережні територіальні води Сполучених Штатів Америки (США), передбачається введення вимоги по 6-7-кратному скороченню викидів оксидів азоту NO_x. Відомо розв'язання проблеми зниження токсичних викидів у територіальних водах і портах шляхом переходу на більш легкий менш токсичний вид палива при входженні судна в прибережну зону. У такому режимі працюють двигуни внутрішнього згоряння фінської фірми Wärtsilä. Одним з перспективних варіантів реалізації цього направлення є застосування водня у якості присадки.

Скорочення природних запасів вуглецевого палива і екологічні проблеми, пов'язані з його використанням, гостро ставлять питання заміни традиційного палива альтернативними джерелами енергії. У більшості країн рішення цього завдання вбачають у переході на водневе паливо як екологічно чисте джерело енергії, запаси якого практично невичерпні. Прийнято відповідні національні та міжнародні програми. Так, міністерство енергетики США в 2004 році розробило довгострокову комплексну програму, що передбачає повний перехід до водневої енергетики до 2030-2040 років і створення відповідної інфраструктури. Країнами ЄС розроблена аналогічна программа – «Європейська технологічна платформа в області водневої енергетики і паливних елементів». Згідно довгостроковій моделі розвитку енергетики, розробленої Міжнародним інститутом прикладного системного аналізу в Австрії і Токійською енергетичною компанією, на зміну традиційному паливу прийдуть альтернативні джерела енергії і перш за все водень, а традиційні копалини у якості енергоресурсів після 2050 року втратять свою домінуючу роль у якості первинного палива [5].

Транспорт, як великий споживач вуглецевого палива, є одним з основних джерел токсичних і теплових викидів. Тому особлива увага в програмах приділяється його переводу на альтернативні види палива.

Практично всі альтернативні види палива (нижчі спирти (метанол, бутанол), природний нафтовий газ, рослинні оливи) спроможні замінити деяку частину традиційного палива тільки завдяки наявності у своєму складі здатних до окислення елементів.

З усіх видів альтернативних палив окремо має сенс виділити водень. Справа в тому, що його добавка не тільки спроможна замінити енергоресурс частини дизельного палива. Його дія більш цікава – водню властива висока швидкість дифузії, з чого витікає його здатність утворювати однорідну суміш у камері згоряння за досить короткий проміжок часу. Відмінною особливістю водню є його високі енергетичні показники та екологічна чистота. Нижча питома теплота згоряння водню приблизно в 2,75 рази вище, ніж у дизельного палива. За масовою енергомісткістю водень перевершує традиційні вуглеводневі палива в 2,5-3 рази, спирти – в 5-6 разів, аміак – у 7 разів.

Водень, як добавка до паливно-повітряної суміші для дизелів, характеризується великою швидкістю поширення фронту полум'я. Ця швидкість може перевищувати 200 м/с і викликати виникнення хвилі тиску, що поширюється в камері згоряння зі швидкістю понад 600 м/с. Добавка водню розширює межі стійкого горіння, підвищує повноту згоряння, збільшує швидкість поширення ламінарного і турбулентного полум'я в основній та заключній фазах згоряння, зменшує затримку займання. При горінні водню товщина зони гасіння (пристінковий шар, в якому не йдуть окислювальні процеси) менше приблизно у 5 разів, ніж у вуглеводневих палив. Це доводить високу ефективність дії водню на кінетику згоряння суміші у всьому обсязі. Відповідно зростає повнота згоряння палива, і зменшується емісія токсичних речовин, що призводить до істотного зниження шкідливих викидів залишкових вуглеводнів і сажі, а також окислів вуглецю та азоту. Отже, добавка водню до паливно-повітряної суміші дизельного двигуна здатна розширити межі стабільного займання і горіння па-

лива, збільшити повноту згоряння, тим самим значно знизити токсичність викидів.

Висока швидкість згоряння воднево-паливної суміші, з одного боку, має здійснювати позитивний вплив на підвищення ефективності робочого процесу, з іншого боку, цим зумовлюються високі значення максимального тиску і температури циклу, більш висока жорсткість робочого процесу дизельного двигуна.

Формування робочої суміші водневого дизеля має забезпечувати гомогенність воднево-повітряного горючого тіла. Цього можна досягти за рахунок оптимізації форми камери згоряння і динаміки розвитку струменя водню, що подається в циліндр, з урахуванням руху свіжого заряду повітря в циліндрі. Найбільш перспективним при вирішенні поставлених завдань по розширенню сировинної бази, підвищенню паливної економічності дизельного двигуна, зниженню токсичності відпрацьованих газів є, перш за все, застосування водню у суміші з вуглеводневим паливом і повітрям. Можливо, що саме спільне застосування заходів по використанню добавок водню та збідненню паливно-повітряної суміші призведе до поліпшення техніко-економічних і екологічних характеристик дизельного двигуна.

Різке посилення нормативів на викиди забруднюючих атмосферу речовин змушує виробників постійно вишукувати все нові й нові технічні рішення, які покращують екологічні показники дизелів. В теперішній час склалася ситуація, коли розвиток сучасних двигунів внутрішнього згоряння та їх конкурентоспроможність визначаються головним чином наявністю коштів, що дозволяє знизити викиди шкідливих речовин до рівня відповідних екологічних вимог.

Зниження шкідливих викидів з відпрацьованими газами дизелів є комплексною проблемою, яка стосується паливної економічності. Безпосередньо з нею пов’язана кількість вуглекислого газу, що знаходиться в атмосфері та визначає екологічний стан планети, тобто парниковий ефект. Діоксид вуглецю є продуктом повного згоряння палива, тому єдиний спосіб зниження його – це зменшення витрат палива. Таким чином, розв’язання зазначеної проблеми зводиться до пошуку компромісу між викидами і витратою палива. Саме тому будь-які технічні пропозиції, що дозволяють одночасно знизити шкідливі викиди і витрати вуглеводневого палива, представляють певну значимість і заслуговують схвалення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Международная Конвенция по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ), Книга III, пересмотренное издание – СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2009. – 304 с.

2. Голиков, В. А. Управление процессом фильтрации продуктов сгорания на судовых энергетических установках / В. А. Голиков, М. В. Голубев. – Одесса: Куприенко. – Сборник научных трудов SWorld, 2013. Т.2. – С.15-18.

3. Sagin S. V. The Use of Exhaust Gas Recirculation for Ensuring the Environmental Performance of Marine Diesel Engines / S.V. Sagin, O.A. Kuropyatnyk. – «Naŝe more», 65(2). – 2018. – P.78-86.

4. 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, Vol. 9, № 5. – 2015. – P. 269-278.

5. Голиков, А. А. Экспериментальное исследование влияния добавок водорода к топливу на топливную экономичность судовых высокооборотных дизелей / А. А. Голиков, А. И. Чураков, А. А. Сирота, Н. И. Радченко. – Наукові праці. – Т. 53. – вип. 40. – Техноекологенна безпека. – С.115-116.

УДК.338.98

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

Особливості дії наночастинок

Поряд з традиційними способами підвищення експлуатаційної надійності суднових машин і механізмів, в останній час особлива увага приділяється впровадженню інноваційних технологій у виробництво і експлуатацію суднового обладнання. Одним з таких пріоритетних напрямків є застосування наноматеріалів.

Метою роботи є розгляд питання про особливості дії наноматеріалів, які зумовлені їх розмірними ефектами.

Процес утворення кристалічної фази визначається [1] енергетичним балансом:

1) збільшенням потенціалу Гіббса системи за рахунок утворення поверхні зародку

$$\Delta G_s = \sigma \cdot s \ , \tag{1}$$

де σ – питома поверхнева енергія, s – площа поверхні зародку;

2) зменшенням потенціалу Гіббса системи за рахунок об’єднання молекул в фазу з меншим хімічним потенціалом, що супроводжується виділенням теплоти кристалізації

$$\Delta G_V = (H_2 - H_1) - T(S_2 - S_1), \tag{2}$$

де H – ентальпія фази, S – ентропія фази, T – температура, при якій відбувається кристалізація.

Оскільки

$$H_2 - H_1 = -qV \ , \ S_2 - S_1 = -\frac{qV}{T_к} \ , \ T = T_к - \Delta T \ , \tag{3}$$

з системи рівнянь (2)-(3) отримуємо

$$\Delta G_V = -qV\frac{\Delta T}{T_к}, \tag{4}$$

де q – теплота фазового переходу одиниці об'єму, V – об'єм утвореного зародку, ΔT – величина переохолодження.

Отже загальна зміна потенціалу Гіббса за рахунок флуктуаційного утворення зародку з врахування (1) та (4) буде

$$\Delta G = \sigma s - \frac{q\Delta T}{T_к}V, \tag{5}$$

що у випадку сферичного зародку, радіус якого r, дає

$$\Delta G = 4\pi r^2\sigma - \frac{q\Delta T}{T_к}\frac{4}{3}\pi r^3. \tag{6}$$

Крива ΔG має максимум, а розмір критичного зародка знаходимо з умови $d(\Delta G)/dr = 0$, що дає

$$r_{кр} = \frac{2\sigma T_к}{q\Delta T}. \tag{7}$$

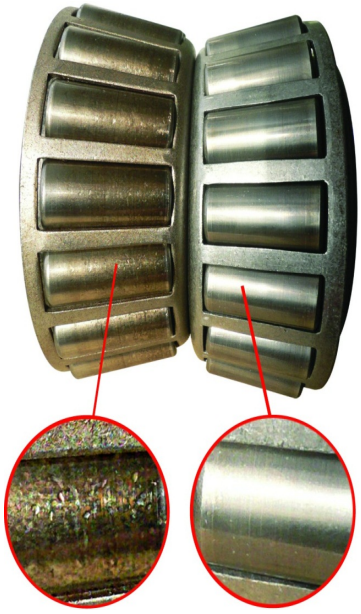


Рис. 1. Зношування підшипників кочення: зліва підшипник після 1000 годин експлуатації при використанні стандартних мастил зі зносостійкими присадками, справа - з використанням як присадки нанопорошку Al_2O_3 після 6000 годин експлуатації.

Отриманий вираз (7) визначає критичний зародок: всі зародки з розміром $r < r_{кр}$ нестійкі і зникають, оскільки їх ріст зумовлює зростання ΔG, а всі зародки з $r > r_{кр}$ будуть надалі зростати, тому що процес їх росту приводить до зменшення енергії. Зауважимо, що розмір критичного зародка зменшується при збільшенні переохолодження ΔT.

Згідно Фендлеру [2], найважливішими умовами отримання наноматеріалів є нерівноважність систем. Дійсно, для отримання малих розмірів (7) критичного зародку необхідно досягати великих значень переохолодження. Отримані при суттєвій нерівноважності критичні зародки під дією зовнішніх факторів виносяться з зони утворення, щоб запобігти їх росту. Таким чином отримують наночастинки у нерівноважному стані, і самі частинки нерівноважні, оскільки мають значну надлишкову поверхневу енергію.

Макроскопічні частинки стабільні за рахунок малої величини поверхневої енергії у порівнянні з об'ємною. Для наночастинок оцінка питомої поверхневої енергії по відношенню до об'ємної (обмежившись сферичними частинками) складає величину

$$S/V=3/r. \quad (8)$$

Зі зменшенням розміру зерна суттєво змінюються кінцеві властивості матеріалу та підвищується міцність зі збереженням пластичності, проявляється ефект низькотемпературної і високошвидкісної надпластичності, спостерігається зміна фізичних властивостей.

При переході від присадок мікронних розмірів до присадок нанорозмірних на декілька порядків зростає роль поверхневої енергії. Це зумовлює зростання хімічної активності та може сприяти виникненню нелінійних ефектів взаємодії, в результаті чого формується плакувальна плівка.

Утворена з участю наночастинок плакувальна плівка є не лише надто міцною, але і пластичною [3]. Надвисока міцність зумовлена особливістю утвореної структури, де значну роль відіграє розмір зерна, границі розділу, а пластичність зумовлена ковзанням по міжкристалічним поверхням та суттєвим внеском межі, що розділяють кристалічні поверхні, на властивості утвореної системи [4].

Підтвердження ефективності використання наноприсадок продемонстровано на прикладі зношування підшипників кочення (рис. 1) при використанні стандартних присадок мікронних розмірів до мастил та при використанні нанорозмірних частинок оксиду алюмінію як присадки [3]. Зауважимо, що частинки оксиду алюмінію у мікронних розмірах є абразив, а у нанорозмірному виді сприяють утворенню міцної та зносостійкої плакувальної плівки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Козицький С. В. Молекулярна фізика: підручник / Козицький С. В., Золотко А. Н. – Одеса: Астропринт, 2011. – 352 с.
2. Fendler J.H. Nanotechnology and nanomaterials /J Phys Chem B. 2008, № 20;112(46):14343-57.
3. Ультрадисперсные и наноразмерные порошки: создание, строение, производство и применение / под ред. акад. В.М. Бузника. – Томск: Изд-во НТЛ, 2009. – 192 с.
4. Козицький С. В., Бачеріков Ю. Ю. Дослідження фізичних властивостей сульфіду цинку, отриманого методом високотемпературного синтезу, що самопоширюєтьсґя: [монографія] / Козицький С. В., Бачеріков Ю. Ю. – Одеса: Астропринт, 2016. – 272 с.

УДК 621.436.

Козицький С. В., Швець О. І.
Національний університет “Одеська морська академія”

Оцінка втрат кінетичної енергії у кривошипно-шатунному механізмі

Перетворення внутрішньої (теплової) енергії палива у механічну енергію руху пристрою в цілому завжди супроводжується як тепловими, так і механічними втратами.

Метою роботи є оцінка кінетичної енергії деталей КШМ – поршня масою $m_{\text{п}}$, шатуна масою $m_{\text{ш}}$, та кривошипу масою $m_{\text{кр}}$, яка у будь-який момент часу, як енергія механічної системи, складається з трьох доданків

$$T = T_{\text{п}} + T_{\text{ш}} + T_{\text{кр}}, \tag{1}$$

де: $T_{\text{п}}$ – кінетична енергія поршня, який здійснює поступальний рух зі швидкістю V_B,

$$T_{\text{п}} = \frac{m_{\text{п}} V_B^2}{2}, \tag{2}$$

$T_{\text{ш}}$ – кінетична енергія шатуна, який здійснює плоский рух зі швидкістю V_C - швидкістю центра маси та ω_L - кутовою швидкістю

$$T_{\text{ш}} = \frac{m_{\text{ш}} V_C^2}{2} + \frac{I_{\text{ш}} \omega_L^2}{2}, \tag{3}$$

$I_{\text{ш}}$ – момент інерції шатуна відносно осі, що проходить через його центр маси, перпендикулярно площині руху,

$T_{\text{кр}}$ – кінетична енергія кривошипа, який здійснює обертальний рух навколо осі вала з кутовою швидкістю ω

$$T_{\text{кр}} = \frac{I_{\text{кр}} \omega^2}{2}, \tag{4}$$

($I_{\text{кр}}$ – момент інерції кривошипа відносно осі вала, ω – кутова швидкість обертання вала).

Кінематичні характеристики руху деталей КШМ (V_B, V_C, ω_L, ω) зв’язані між собою кутом повороту кривошипу φ (від положення поршня у ВМТ), сталою Брікса $\lambda = r / L$ та положенням центра маси шатуна (відстанню AC) [1, 2]:

$$V_B = \omega \cdot r \cdot \left(\sin\varphi + \frac{\lambda \cdot \sin 2\varphi}{2\sqrt{1 - (\lambda \sin\varphi)^2}} \right), \tag{5}$$

$$V_{Cx} = \omega \cdot r \cdot \left(\sin\varphi + \frac{AC}{L} \frac{\lambda \sin 2\varphi}{2\sqrt{1 - (\lambda \sin\varphi)^2}} \right), \tag{6}$$

$$V_{Cy} = \omega \cdot r \cdot (1 - \frac{AC}{L}) \frac{\cos\varphi}{\sqrt{1 - (\lambda \sin\varphi)^2}} , \quad (7)$$

$$V_C = \sqrt{V_{Cx}^2 + V_{Cy}^2} , \quad (8)$$

$$\omega_L = \omega \frac{\lambda \cdot \cos\varphi}{\sqrt{1 - (\lambda \cdot \sin\varphi)^2}} . \quad (9)$$

Нормовані кінематичні характеристики руху деталей КШМ (та їх точок) як функції кута повороту вала φ наведені на рис. 1 – $V_B/(\omega \cdot r)$, $V_C/(\omega \cdot r)$ та ω_L/ω – для типових λ = 0,38 та AC = 0,5.

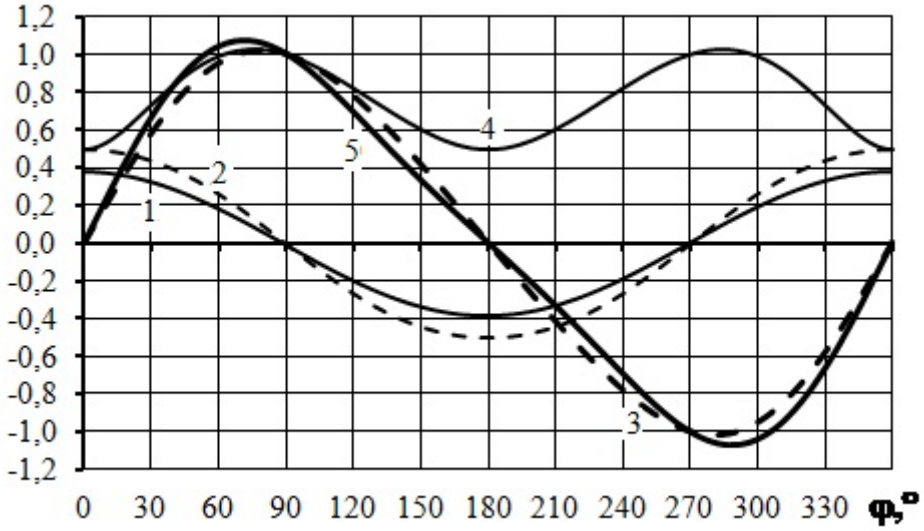


Рис. 1. Нормовані швидкості: 1) ω_L/ω , 2) $V_{Cx}/(\omega \cdot r)$, 3) $V_{Cy}/(\omega \cdot r)$),

4) $V_C/(\omega \cdot r)$, 5) $V_B/(\omega \cdot r)$.

Аналізуючи графіки нормованих кінематичних характеристик від кута повороту вала слід звернути увагу на наступне:

1) Графіки симетричні відносно φ = 180°, отож втрати механічної енергії на рух деталей КШМ в межах 0° < φ < 180° та 180° < φ < 360° однакові.

2) При φ = 90° та φ = 270° кінетична енергія поршня та складова кінетичної енергії шатуна, обумовлена обертальним рухом навколо центра маси дорівнюють нулю.

3) Вектори швидкостей точок A, B і C співпадають при φ = 90° та φ = 270°, оскільки при вказаних значеннях φ шатун здійснює миттєво-поступальний рух.

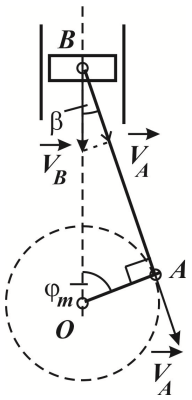


Рис. 2

4) Максимальне значення швидкості поршня перевищує швидкість кривошипу $(\omega \cdot r)$ і досягається в момент, коли орієнтація шатуна (рис. 2) співпадає з напрямом швидкості точки A кривошипа, тобто коли шатун перпендикулярний до кривошипа. Положення кривошипу в цей момент часу (φ_m) визначається з умови

$$\mathrm{tg}\,\varphi_m = L/r = 1/\lambda,$$

і для нашого приклада (λ = 0,38) складає 70º. Тоді $V_B/(\omega \cdot r)$ = 1,07 і $(V_B/(\omega \cdot r))^2$ = 1,14.

Кінетичні енергії деталей КШМ визначаються не тільки кінематичними характеристиками, а і динамічними – масами та моментами інерції деталей (формули (1) – (4)).

Подальші розрахунки проведемо для наступних даних [3]: ω = 10 рад/с, $m_{кр}$ = 3500 кг, $m_{п}$ = 7000 кг, $m_{ш}$ = 3500 кг, λ = 0,38 та, приймаючі AC = 0,5.

1) Кривошип, що здійснює обертальний рух навколо нерухомої осі, будемо вважати однорідним стрижнем. Тому його момент інерції відносно осі обертання становить

$$I_{кр} = \frac{1}{12} m_{кр} r^2 + m_{кр}\left(\frac{1}{2} r\right)^2 = \frac{1}{3} m_{кр} r^2,$$

де скористалися теоремою Штейнера.

Отже кінетична енергія кривошипа

$$T_{кр} = \frac{1}{6} m_{кр} r^2 \omega^2,$$

і вона не змінюється при стаціонарному режимі роботи КШМ – пунктир на рис. 3.

2) Шатун, що здійснює плоский рух, є однорідним стрижнем ($AC = L/2$). Тоді його момент інерції відносно центру маси

$$I_{ш} = \frac{1}{12} m_{ш} L^2,$$

і формула (3) приймає вигляд

$$T_{ш} = \frac{1}{2} m_{ш} V_C^{\,2} + \frac{1}{24} m_{ш} \omega_L^2 L^2.$$

При розрахунках використовуємо формули (6) – (9).

Поршень здійснює поступальний рух, тому користуємося формулою (2) з урахуванням формули (5).

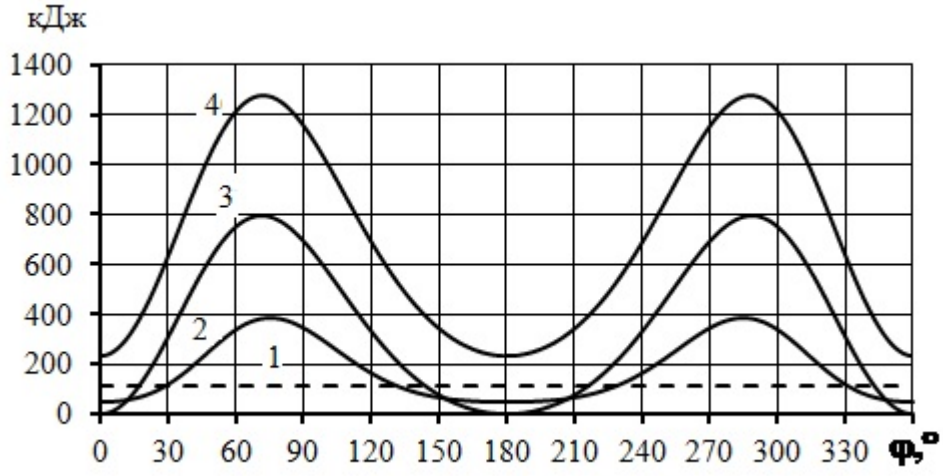


Рис. 3. Кінетична енергія деталей КШМ:
1) кінетична енергія кривошипа, 2) шатуна, 3) поршня, 4) повна3)

Аналізуючи результати розрахунків зробимо наступні висновки:

1) Втрати енергії на рух кривошипу в процесі роботи КШМ є сталими.

2) Максимальний внесок у втрати енергії вносить поршень.

3) Зниження втрат енергії на рух КШМ можна досягнути шляхом використання сучасних матеріалів з використанням досягнень нанотехнології.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Суворов П. С. Судовые двигатели внутреннего сгорания [Текст]: Учебное пособие / П. С. Суворов. – Одесса: ОНМА, 2012. – 626 с.
2. Козицький С. В., Швець О. І. Методичні вказівки до розрахунково – графічної роботи «Кривошипно-шатунний механізм та його застосування у суднових установках». – Одеса: НУ «ОМА», 2016. – 57 с.
3. Козицький С. В., Швець О. І. Теоретична та прикладна механіка [Текст]: методичні вказівки для виконання розрахунково-графічної роботи / – Одеса: НУ «ОМА», 2019 – 41 с.

УДК 621.396.932

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

Вплив завад в ортогональному приймальному каналі судовоЇ РЛС при вимірюванні поляризаційних параметрів Стокса луна-сигналів навігаційних об'єктів

Використання поляризаційних параметрів Стокса, як інформативних, при вирішенні завдань селекції та розпізнавання навігаційних об'єктів судновою РЛС, застосовується двоканальна приймальня система, в якій присутній взаємний вплив ортогональних каналів і вплив шумів. Луна-сигнали навігаційного об'єкта, що знаходиться в зоні атмосферних утворень, є частково поляризованими і на підставі теореми Стокса їх можна розглядати як суму повністю по-

ляризованих хвиль і незалежними від них неполяризованих. Для аналізу поляризації прийнятої частково поляризованої хвилі і створення певної поляризації хвилі на випромінювання застосовується опромінювач з осьової симетрією, який однаково приймає і випромінює електромагнітну хвилю будь-якої поляризації. Паразитна поляризація в антенній системі з керованою поляризацією і опромінювачем з осьовою симетрією обумовлена різною шириною в E і H площинах головної пелюстки діаграми спрямованості антени і наявністю пелюсток з крос-поляризацією в площинах, що становлять кут 45° по відношенню до E і H площин.

Реальний частково поляризований луна-сигнал в точці розташування антени суднової РЛС представляється матрицею:

$$E_{чп}(t)=\begin{bmatrix} E_1(t) \\ E_2(t) \end{bmatrix}, \qquad (1)$$

де $E_k(t)$ - компоненти поля луна-сигналу, що випадково змінюються в часі, в певному базисі (k = 1;2).

Рівняння (1) еквівалентно наступному параметричному представленню параметрами Стокса, усереднюванням правої частини за деякий проміжок часу, тобто:

$$\begin{aligned} I_{чп} &= \overline{E_{xm}^2}+\overline{E_{ym}^2}, \\ Q_{чп} &= \overline{E_{xm}^2}-\overline{E_{ym}^2}, \\ U_{чп} &= 2\overline{E_{xm}E_{ym}\cos\Phi_{xy}}, \\ V_{чп} &= 2\overline{E_{xm}E_{ym}\sin\Phi_{xy}}. \end{aligned} \qquad (14)$$

Луна-сигнал навігаційного об'єкту в частково поляризованому луна-сигналі є в загальному випадку повністю еліптично поляризованим, тобто:

$$\begin{aligned} I_{ел} &= E_{x_0}^2+E_{y_0}^2, \\ Q_{ел} &= E_{x_0}^2-E_{y_0}^2, \\ U_{ел} &= 2E_{x_0}E_{y_0}\cos\Phi_{x_0y_0}, \\ V_{ел} &= 2E_{x_0}E_{y_0}\sin\Phi_{x_0y_0}. \end{aligned} \qquad (3)$$

де $I_{ел}^2=Q_{ел}^2+U_{ел}^2+V_{ел}^2$.

Еліптичність характеризується параметром V. Неполяризований луна-сигнал в частково поляризованому луна-сигналі представляється у вигляді суміші двох некогерентних еліптично поляризованих луна-сигналів рівної інтенсивності і з протилежним напрямом обертання електричного вектору. Для неполяризованого луна-сигналу $Q_н=U_н=V_н=0$.

У радіолокаційній антені опромінювачем є круглий рупор, а поле в розкриві параболоїда обертання в точці поверхні дзеркала з координатами r,θ і φ в системі координат *X, Y, Z* представляється у відомому вигляді [1-4]:

$$E_x = E_\theta \sin\varphi + E_\varphi \cos\varphi,$$
$$E_y = E_\theta \cos\varphi - E_\varphi \sin\varphi, \qquad (4)$$

де E_θ і E_φ - складові електричного вектору на поверхні дзеркала параболоїда уздовж осей *X* і *У*.

З метою компенсації паразитної поляризації, що виникає в антенній системі суднової РЛС при прийомі луна-сигналу навігаційного об'єкта через несиметричність опромінення дзеркала, застосовується спеціальний контррефлектор, що має кругову симетрію, але не симетричний в *E* і *H* площинах, який дозволяє симетрирувати діаграму спрямованості антени. Основна трудність у виділенні і вимірюванні поляризованої компоненти луна-сигналу навігаційного об'єкта полягає в наявності неполяризованої компоненти луна-сигналу атмосферного утворення. При неоднаковому розподілі поля в розкриві параболоїда по осях *X* і *У* до цих осей додається в напрямах під кутом 45 градусів компонента поля E_y, що призводить до неполяризованої компоненти луна-сигналу метеооб'єкта, що приймається, додаткового точкового неполяризованого джерела, розташованого не на осі діаграми спрямованості керованої антени суднової РЛС.

Оцінку ступеня поляризації "*m*" цього неполяризованого джерела, розташованого на кутовій відстані θ_1 від осі антени, можна провести шляхом представлення його у вигляді двох взаємно перпендикулярних лінійно поляризованих некогерентних складових з інтенсивностями I_x і I_y.

Тоді ступінь поляризації неполяризованого джерела визначається з умови:

$$m = \frac{I_x - I_y}{I_x + I_y}. \qquad (5)$$

При знаходженні точкового неполяризованого джерела на осі *X* через різницю діаграм він виявиться поляризованим з ступенем поляризації залежно від кутової відстані від осі діаграми спрямованості антени суднової РЛС. Випромінювання цього джерела, протяжного у напрямі до осі *X* і яке займає тільки частину діаграми в напрямі *У*, в наслідок відмінності діаграм спрямованості антени в *E* і *H* площинах, буде поляризовано у напрямі *X*. Для оцінювання ступеня поляризації необхідно представити діаграму антени суднової РЛС у напрямі осі *X* гаусовської кривої $e^{-\alpha_1 X}$ для вертикальної поляризації неполяризованого джерела і $e^{-\alpha_2 X}$ для горизонтальної поляризації. У рівняннях гаусовської кривої значення *X* визначається з умови:

$$X = \frac{\pi L}{\lambda}\sin\theta, \qquad (6)$$

де *L* - розмір параболоїда, см;

λ - довжина хвилі, що випромінюється антеною, см

При опроміненні круглим рупором α_1=0,35 і α_2=0,31, що відповідає відмінності діаграм по ширині на рівні 0,5 потужності випромінювання приблизно на 10%. Потужність, що надходить в опромінювач у вертикальній поляризації дорівнює:

$$P_y = 2\int_0^{\infty} e^{-\alpha_2 X} dX\,, \qquad (7)$$

а в горизонтальній поляризації

$$P_x = 2\int_0^{\infty} e^{-\alpha_1 X} dX\,. \qquad (8)$$

Тоді з урахуванням (7) і (8) ступінь поляризації неполяризованого джерела в системі керованої антени суднової РЛС запишеться у вигляді:

$$m = \frac{P_x - P_y}{P_x + P_y} = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2} \approx 5\,, \qquad (9)$$

а електричний вектор поляризованої компоненти спрямований уздовж осі *X*. Такий же результат буде при розгляді площини поляризації, розташованої під кутом 45 градусів до осей *X* і *У*, в яких $P_x = P_y$, оскільки головна пелюстка діаграми спрямованості для цих поляризацій має однакову ширину. За рахунок пелюсток з крос-поляризацією випромінювання неполяризованого джерела буде поляризовано у напрямі осі *X*. При відмінності в ширині діаграм спрямованості в *E* і *H* площинах в 10 % і проходженні неполяризованого джерела через діаграму спрямованості антени суднової РЛС уздовж осі *X* або близько до неї, буде присутньою паразитна поляризація декілька відсотків, яку необхідно компенсувати за допомогою контр рефлектора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 Шифрин Я.С Антенны / Я.С. Шифрин. – Х.:ВИРТА, 1976. – 407с.

2 Корбанский И. Н. Антенны / И.Н. Корбанский. – М.: «Энергия», 1973. – 336с.

3 Новые типы антенн: Учеб. пособие / Я.С. Шифрин, Ю.Г. Гукасов, П.А. Базарнов; под. ред. проф. Я.С. Шифрина. – Х.: ВИРТА. – 1971. – 136 с.

4 Корольков Д.В. Исследование локальных областей радиоизлучения Солнца по поляризационным наблюдениям в сантиметровом диапазоне волн [Глава1. «Методы измерения и аппаратура»] / Д.В. Корольков, Н.С. Соболева, Г.Б. Гельфрейх // Изв. ГАО АН СССР, 1960. - №164. - С.82-96.

УДК 551.501.81

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

Радіометеорологічне забезпечення безпеки судноводіння у складних метеорологічних умовах

В даний час простежується тенденція збільшення функціональних можливостей суднових радіолокаційних комплексів шляхом розширення номенклатури реалізованих функцій. Світовий транспортний морський флот обладнаний радіолокаційними системами, які використовуються на суднах в якості навігаційних засобів. Для забезпечення безпеки навігації суднова РЛС повинна

виявляти і відтворювати на індикаторах луна-сигнали від всіх об'єктів на шляху судна, в тому числі і небезпечних метеоутворень. При цьому семантичний підхід передбачає аналіз змісту радіолокаційної інформації про небезпечні явища погоди на шляху судна, а прагматичний - оцінку корисності радіолокаційної інформації з точки зору забезпечення безпеки судноводіння в складних умовах середовища. Виникає характерна процедура знаходження рішення нового завдання, яке до теперішнього часу не вирішується судновою РЛС, яке необхідно узагальнити і впровадити в оперативну роботу суднової радіолокаційної системи.

Автономність судна, як транспортного засобу, як об'єкта управління є потужною передумовою для впровадження в суднову РЛС підсистеми радіолокаційного виявлення і вимірювання інтенсивності небезпечного метеорологічного утворення. Тим самим з'являється можливість проведення оцінки навколишнього метеорологічного оточення на шляху судна. Радіометеорологічна підсистема здійснює оперативне виявлення і аналіз структури і властивостей небезпечного метеооб'єкта з необхідною для екіпажу судна повнотою. Подання метеорологічної інформації проводиться на багатобарвному дисплеї суднового комп'ютера або колірному індикаторі суднової РЛС. При цьому використовується декоммутаторний принцип формування зображення небезпечного метеооб'єкта в різницевому каналі приймача суднової РЛС.

Складність системи луна-сигналів метеорологічних утворень (опади різної інтенсивності, різного походження і різного фазового стану) доцільно пов'язати з поданням про тезаурус - інформації, що забезпечує самовідображення радіометеорологічної системи (відомості про структуру, стан, характеристики і завдання, які накопичені до цього часу дані про небезпечний метеорологічний об'єкт) і відомості про прийняту від метеооб'єкта системи луна-сигналів. Семантична і прагматична інформація з'являється при взаємодії системи луна-сигналів від метеооб'єкта, яка надійшла на вхід судновий РЛС з тезаурусом. Інформація, яка накопичується в процесі функціонування судової РЛС, зіставляється з оперативною пам'яттю суднового комп'ютера в формі відомостей про радіометеорологічні характеристики об'єктів, які спостережуються судновою РЛС. Розпізнавання небезпечних метеорологічних об'єктів на основі наявного тезауруса здійснюється в судновій РЛС порівнянням прийнятих луна-сигналів метеооб'єкта з наявними в банку даними їх луна-сигналів [1-4].

Особливість радіолокаційного моніторингу небезпечних метеорологічних об'єктів судновою РЛС на шляху судна є необхідністю забезпечення безпеки судна та суднової команди при виникненні і розвитку небезпечних метеорологічних процесів, пов'язаних з атмосферними фронтами і тропічними циклонами. Потреба в такому моніторингу була обгрунтована в 2014 році на форумі ІМО з розвитку стратегії Е - навігації в Лондоні.

Атмосферні опади і морські хвилі створюють шумоподібні луна-сигнали, що маскують практично всі об'єкти, що знаходяться в зоні функціонування судової РЛС.

Існуючі методи боротьби з насиченням приймача суднової РЛС від атмосферних перешкод марні при падінні рівня луна-сигналу навігаційного об'єкта нижче рівня шуму або перешкод від дощу, що випадає.

В даний час рядом фірм розроблені двохвильові суднові РЛС (λ_1 = 3.2 см, λ_2 = 10 см). Однак ефективність їх ще недостатня в зв'язку з тим, що ширина променя у вертикальній площині повинна бути не менше 20 градусів, незалежно від довжини хвилі, а подальше збільшення його ширини призводить до втрати потужності через опромінення неробочої зони. За наближеною оцінкою ЕПР дощу в діапазоні *X* в 100 разів більше, ніж в діапазоні *S*. Однак антена суднової РЛС в діапазоні *S* опромінює в три рази більшу площу дощу (промінь в три рази ширше), і це відношення зменшується до 30 . Тому ефективність в діапазоні *S* не є альтернативною *X* діапазону, тому що різниця в ефективних площах розсіювання в обох діапазонах майже зникає. Тому актуальним є розроблення пропозицій щодо вдосконалення радіолокаційного виявлення небезпечних для судноводіння зон в метеорологічних утвореннях. Грозові купчасто-дощові хмарні системи утворюють вітер, град, шквали, урагани, які викликають руйнування. Під нижньою границею хмарної системи розташовані інтенсивні висхідні потоки, що викликають утворення торнадо. Ці хмарні вали обертаються циклонічно, а зростаюча швидкість обертання супроводжується зниженням тиску. Циклонічна циркуляція досягає морської поверхні і утворює хмарну стіну, в якій швидкість висхідного потоку перевищує 40 м / с, а швидкість обертання мезоциклону перевищує 90 м / с. Радіолокаційна ймовірність виявлення торнадо становить 69%, з ймовірністю помилкової тривоги, що дорівнює 25%. Завчасність радіолокаційного попередження становить 21 хвилину. Небезпечним метеорологічним явищем є також урагани, що представляють собою величезні атмосферні вихори діаметром до 300 км, в якому внаслідок обертання утворюється тепле ядро низького тиску і «стіна» хмар, з яких випадають опади інтенсивністю близько 75 мм / год.

Радіолокаційний моніторинг небезпечного метеорологічного явища на шляху судна може здійснюватися двохвильовим методом, який заснований на просторової залежності відношення ефективних площ розсіювання η на довжинах хвилі λ_1 = 3.2 см і λ_2 = 10 см, які використовуються в суднових РЛС. Сутність двохвильового методу полягає в тому, що зі збільшенням розмірів частинок в небезпечному метеоутворенні співвідношення ефективної площі розсіювання на двох довжинах хвиль зменшується від ста (для дрібних частинок) до 10 разів (для великих, в тому числі і градових частинок), тобто:

$$\frac{\eta_{3,2}}{\eta_{10}} = \frac{6,7 \cdot 10^{-7} ND^{2,1}}{3,8 \cdot 10^{-8} ND^{5,4}} \approx 5...10, \qquad (1)$$

де D - середній кубічний діаметр спектру частинок, мм;

N - число частинок у радіолокаційному об’ємі.

Практична реалізація двохвильового методу дистанційного радіолокаційного моніторингу небезпечного атмосферного утворення може бути здійснена шляхом вирахування потужності луна-сигналу на виході логарифмічного під-

силювача $P_{3,2}$, з потужності на виході логарифмічного підсилювача P_{10}. Приймальні пристрої двохвильових каналів приймальних пристроїв суднової РЛС, при реалізації двохвильового методу, повинні мати однакові характеристики. Осередок небезпечного явища погоди атмосферного утворення, який зароджується, на індикаторі судновий РЛС при відніманні потужностей на виході логарифмічних підсилювачів буде у вигляді темної плями на світлому тлі луна-сигналу атмосферного утворення.

Якщо навігаційний об'єкт буде знаходитися в небезпечному атмосферному утворенні (сильні зливові опади інтенсивністю 40 ... 50 мм / год), то для його виявлення судновою РЛС рівняння радіолокації матиме такий вигляд для будь-якої довжин хвиль, які застосовуються:

$$\frac{P_{пр}}{P_{ш}} = П_{э} \frac{\sigma}{\eta R^2}, \qquad (2)$$

де $P_{пр}$ - потужність, що поступає на вхід антени суднової РЛС, Вт;

$P_{ш}$ - потужність шуму приймача, Вт;

$П_{э}$ - енергетичний потенціал суднової РЛС;

σ - ефективна площа розсіювання, м^2;

η - ефективна площа розсіювання на одиницю небезпечного атмосферного утворення, м$^{-1}$;

R - відстань до навігаційного об’єкта, км.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 Степаненко В.Д. Радиолокация в метеорологии / В.Д. Степаненко. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – 350 с.

2 Базлова Т.А. Метеорологические автоматические радиолокационные сети / Т. А .Базлова, Н. В. Бочарников, Г. Б. Брылев [и др.]. - СПб.: Гидрометеоиздат, 2002. - 332 с.

3 Билетов М.В. Радиометеорология / М.В. Билетов, В.П. Кузьменко, Н.Ф. Павлов, Н.В. Цивенко. – М.: Военное издательство, 1984. – 208с.

4 Справочник по радиолокации. Том 4. Перевод с английского под общей редакцией К.Н. Трофимова. – М.: «Советское радио», 1977. – 405 с.

УДК621.433.2

Чепаліс І.В., Калуга А.А..
Національний університет «Одеська морська академія»

Аналіз конструктивних особливостей танків запасу на судах гозаходах

Відповідно до вимог Додатка VI міжнародної конвенції МАРПОЛ 73/78 про викиди NOx і SOx, відбувається планомірне посилення вимог до змісту оксидів азоту, сірки і твердих частин у вихлопних газах морських суден. Такі

вимоги є головною рушійною силою для впровадження використання природного газу в якості суднового палива. Застосування природного газу дозволяє майже повністю виключити викиди сірки, істотно скоротити викиди оксидів азоту і вуглецю, а також твердих частин, що покращує екологічну обстановку в прибережних акваторіях і на внутрішніх водних шляхах. Крім екологічних аспектів в даному випадку дуже важливі і економічні. Перехід на газове паливо на судах забезпечує зниження операційних витрат за рахунок низької вартості газу, менших витрат на ТО та Р. Економічні переваги зрідженого газу дозволяють в прийнятні терміни окупити витрати на пристосування судна до роботи на ЗПГ, на технологічне обладнання та вартість бункеровки. [1] .

За останніми наявними даними, до кінця 2019 року кількість суден газоходів у світі досягне приблизно 200 одиниць, а споживання ЗПГ в якості палива в суднових енергетичних установках досягне 1 мільйона тонн і стрімко зросте до значення 8,5 мли. тонн до 2025 г. [2].

Хоча використання ЗПГ в якості палива в суднових енергетичних установках має безліч переваг, є і недоліки. ЗПГ зберігається при температурі -160 ° С і тиску до 10 Бар в танках зі спеціальних матеріалів, покритих шаром теплоізоляції товщиною більше 0,5 м, для них потрібна організація вторинного бар'єру, особливі заходи по контролю газового складу атмосфери і вентиляції. Таким чином танки запасу ЗПГ займають в 3-4 рази більше суднового простору, ніж звичайні паливні танки. Отже, вільний вантажний простір стає одним з головних питань для обговорення. Але збільшення тривалості планованого рейсу викликає необхідність збільшення обсягу танків запасу ЗПГ [2]. Отже, одна з основних цілей при проектуванні судів - оптимізувати розмір танків запасу в залежності від вільного простору [3].

У теперішний час існує декілька можливих варіантів установки танків запасу ЗПГ на транспортних судах - газоходах [3]. Використання таких танків допустимо відповідно до вимог ІМО. До таких танків відносяться незалежні танки типу А, В і С, а також мембранні танки [4]. Кожен тип танку можна описати за такими параметрами, як:

- максимальний робочий тиск

,-конфігурації танку

,-матеріал, який використовується в конструкції танку [4]

Мембранні танки не є самонесучими, складаються з тонкої мембрани, покладеної на ізоляцію. Ізоляція, в свою чергу, розташовується прямо на дно судна, так що тиск в танку безпосередньо передається конструкцій корпусу. Корпус є основним несучим елементом таких танків. Мембрана танка проектується таким чином, щоб термічні та інші види розширення або стиснення компенсувалися без її надмірного напруження [4]. Розрахунковий тиск в мембранних танках зазвичай не перевищує 25 кПа. Якщо корпусні конструкції зміцнені належним чином, а теплова ізоляція здатна без руйнування передавати навантаження від мембранного танка корпусним конструкціям, то допустимим вважається і тиск до 70 кПа. Основним матеріалом, використовуваним при виготовленні оболонок мембранних танків є інвар - сплав нікелю з залізом і хромонікелева сталь. Для підвищення безпеки мембранні танки повинні бути обладна-

ні вторинним бар’єром. Це досягається за рахунок установки додаткової мембрани всередині шару ізоляції. [4]

Незалежні танки - самонесучі, не є складовою частиною корпусу судна і не беруть участь в забезпеченні загальної міцності корпусу. Такі танки кріпляться до корпусу судна тільки через спеціальні супорти, які дозволяють їм стискатися і розширюватися незалежно від корпусу судна. Незалежні танки можна розділити на три групи.

Незалежні танки типу А - танки, розроблені головним чином з використанням суднових структурних аналізів відповідно до вимог Адміністрації [6]. Представляють собою герметичну оболонку, виготовлену зі сталі або алюмінію, найбільш повно використовує корисний об'єм корпусу [4]. Для забезпечення необхідної остійності і зменшення впливу вільної поверхні танк розділен поздовжньої перегородкою на дві частини, які з'єднані між собою рядом отворів у газовій частині танку. Танк встановлюється над другим дном на спеціальні кронштейни, виготовлені з твердих порід дерева, і утримується цими кронштейнами в вертикальному і горизонтальному напрямках. Крім того, танк жорстко кріпиться до корпусу судна в своїй верхній центральній частині, так що він може вільно розширюватися і стискатися. Розрахунковий тиск пару Р має бути не більше 0,07 МПа. [6]. Для таких танків так само як і для мембранних потрібен повний вторинний бар'єр

Незалежні танки типу В є танки, розроблені з використанням модельних випробувань, вдосконалених аналітичних інструментів і методів аналізу для визначення рівнів напруги і характеристик поширення тріщин. При оцінці і аналізу міцності матеріалу, з якого виготовлений танк, його зносостійкості та ламкості в процесі старіння металу використовують більш суворі критерії. Таким чином танк типу В може бути точно таким же, як і типу А, але повинен бути ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАН як більш безпечний, ніж перший. Як матеріал зазвичай використовується сталь з 9% -ним вмістом нікелю, або алюміній. Розрахунковий тиск пару Р не повинно перевищувати 0,07 МПа. Потрібен частковий вторинний бар'єр з малою системою захисту від протікання [6]. Так, незначна втрата газу, поступово після її появи, збільшуючись, призведе до руйнування танку через приблизно рік, якщо судно буде перебувати в Північному морі у сезон штормів. Завдяки такому запасу міцності встановлювати суцільний вторинний бар'єр не потрібно, але для виявлення протікання і збору газу під кожним танком розміщують невеликий вторинний бар'єр.

Конструктивна основа для незалежних танків типу С розроблена на умовах судини під тиском, модифікованих з використанням механіки руйнування і критеріїв поширення тріщин. Мінімальний розрахунковий тиск обґрунтовується тим, що динамічні напруги повинні бути досить низькими, щоб початковий поверхневий дефект не перевищував половини товщини корпусу протягом всього терміну служби танку. [6] В такому випадку вторинний бар'єр навколо даних танків не роблять. Танки виробляють у формі одинарного або подвійного циліндру і закріплюють до корпусу судна за допомогою спеціальних подушок з твердих порід дерева. На одній з подушок танк закріплений жорстко, а

решта дозволяють йому вільно стискатися і розширюватися незалежно від корпусу судна. [4]

Таким чином основними ключовими питаннями при виборі типу танків запасу СПГ для суден газоходів є питання ефективного використання вільного простору транспортного судна і утилізація ПВГ(Природньо випареного газу)?, який неминуче з'явиться при використанні ЗПГ в якості палива на морських суднах. Найменш привабливим з точки зору ефективного використання суднового простору є сферичні танки і танки типу С. Досить порівняти контур поперечного перерізу судна зі сферичними танками і контур з призматичними вкладними танками [7]. Більш підходящим варіантом є призматичні танки, які краще вписуються в корпусний простір, проте вони поступаються танкам мембранного типу, в яких використовується легка і тонка мембрана, яка підтримується стінками корпусу судна.

З точки зору утилізації ПВГ найбільш підходящим варіантом так само є мембранні танки. Виробники вантажних систем заявляють, що середньодобова інтенсивність випаровування - 0,22% для сферичних танків типу Kvaerner-MOSS і 0,15% - для мембранних танків Gas Transport і Technigas Mark III, які найбільш часто використовуються на сучасних судах [5].Так само за останніми даними відомо, що французька кампанія GTT заявила про постачання вантажної системи Mark V, яка гарантує що добовий коефіцієнт випаровування буде не більше 0,07% від обсягу танка. Так само південнокорейський суднобудівник DSME заявив про розроблену вантажну систему мембранного типу Solidus, яка гарантує добовий коефіцієнт випаровування - 0,049%.

З вищенаведеного можна зробити висновки, що не дивлячись на те, що при установці танків типу С значно більше займається корисного місця на судах, даний варіант залишається найбільш привабливим з точки зору економії фінансових коштів, які необхідно витратити на утилізацію ПВГ з більш компактних мембранних танків. Для прикладу, в циліндричному танку типу С обсягом 200 м3 з робочим тиском від 0,6 бар до 4 бар та с еластичною поліуретановою піною в якості ізоляції товщиною 200мм - максимально дозволений тиск танку буде досягнуто приблизно через 25 днів [3].Таким чином для суден з невеликим дедвейтом - оптимальним варіантом є установка танків типу С, які є на ринку в наявності різних об'ємів з максимально допустимим робочим тиском до 10 бар. [3]. Вони найбільш привабливі в використанні на судах з невеликою витратою газового палива, або на таких, які часто заходять в порти, де можливе бункерування судна. Танки Типу С вже використовуються на багатьох поромах і офшорних суднах [3].Однак для великих суден доцільно використовувати мембранні танки у зв'язку з тим, що установка таких танків більш вигідна з точки зору оптимального використання вільного простору. Прикладом таких суден можуть виступити 9 контейнеровозів CMA CGM місткістю 22 000 контейнерів, які будуються на Китайських суднобудівних заводах . Повідомлюється, що ці суда будуть ходити між Європою і Далеким сходом з бункеруванням у країнах Європи. Планується, що місткість вантажних танків досягне 18 600 м3. Місткість таких танків запасу можна співвіднести з ванта-

жомісткістю невеликого газовоза. Таким чином очевидно, що доцільно використання танків мембранного типу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. И. И. Костылев, Д. В. Коняев. Бункеровка как фактор сдерживания применения газового топлива на судах //Вестник ГУМРФ. – 2016.
2. Jo Ann Cantu. Training and competence of personnel for gas fuelled ships and bunkering. // 8th Gasfuelled ships conference. – 2017. – p. 125
3. Herve Irvoas. LNG containment systems – retrofitting options. // 8th Gasfuelled ships conference. – 2017. – p. 135
4. Баскаков С.П. Перевозка сжиженных газов морем. – 2002
5. Чепалис И.В. Козьминых Н.А. Влияние экономических и экологических факторов на выбор пропульсивного комплекса современного метановоза//Конф. : "Энергетика судна: эксплуатация и ремонт", 2015
6. International Code of Safety for Ships Using Gases or other Low-Flashpoint Fuels (IGF Code)
7. Зайцев В.В., Коробанов Ю.Н. Суда – газовозы. - 1990

УДК 621.564

Ольшамовський В. С., Кардаш В. П., Василець Д. І., Христов С. Г.
Національний університет «Одеська морська академія»

Застосування масел в сучасних холодильних системах

До початку 1930-х років основними холодоадагентами, що застосовувалися в холодильних системах, були аміак, діоксид сірки, метилхлорид і діоксид вуглецю.

В 1929 році співробітниками Фриджидер» Мідглі, Хєннє і Мак – Нєрі були синтезовані фреони. (патент США №1968049 і № 1968050, 1934 рік). Виготовлення фреонів було освоєно хімічною фірмою «Дюпон», яка за 9,7 млн. доларів купила патенти на право їх виготовлення у фірми «Фриджидер». З середини 30-х років нове з'єднання, яке набуло назву фреон 12 (R12) стало витісняти хлорметил – основний холодильний агент того часу.

До початку 1970 років світовий ринок хлорфторвуглеців (ХФВ) набув величезних розмірів. Тому природно, виникло питання про кінцеву долю цих сполук, що потрапляють у великій кількості в атмосферу, так як ХФВ надзвичайно довговічні через свою хімічну стабільність.

1970 рік – був першим Всесвітнім геофізичним роком планети. Проводились комплексні вимірювання температур, тиску, вологості, хмарності, магнітних полів на континентах планети, включно з Арктикою та Антарктикою. Таким чином в стратосфері були виявлені молекули трихлормонофторметану – фреону 11 (R11).

Так як молекула фреону 11 має молекулярну масу 137,37 кг/моль, тобто більше молекулярної маси повітря, стало загадкою як вона могла «залетіти» так високо. Наступного року в штаті Орегон (США) заборонили використання R-

11 та R-12 в якості пропелентів. А хіміки із Берклі (США) в 1974 році висловили припущення, що молекули R-11 та R-12 шкідливі для озонового шару, який захищає Землю від жорсткого ультрафіолетового випромінювання з довжиною хвилі менше ніж 300 нанометрів. За цією гіпотезою під дією ультрафіолету атом хлору відокремлюється від молекули фреону та з'єднується з молекулою озону. В результаті молекула озону руйнується, утворюючи окис хлору і чистий кисень, що сприяє зниженню концентрації озону над Антарктикою майже на 30%. Такий феномен преса охрестила «озоновою дірою», а міжнародні організації прийняли Конвенцію з охорони озонового шару та в Монреалі під егідою ООН в 1987 р. був прийнятий «Монреальський Протокол по веществам, разрушающим озоновый слой»

За рівнем впливу на озоновий шар Землі галоїдопохідні вуглеводні були розділені на три групи:

1. ХФВ (CFC) - хлорфторвуглеці, які володіють високим потенціалом руйнування озонового шару (Ozon Depleting Potention - ODP). Іноді використовують термін - потенціал виснаження озону. Холодильні агенти цієї групи R11, R12, R13, R500, R502, R503 мають ODP > 0,05. Озоноруйнуюча спроможність R11 була прийнята за одиницю – $ODP_{R11} = I$.

2. ГХФВ (HCFC) - гідрохлорфторвуглеці, в молекулах яких присутній водень. Для цих речовин є характерно менший час існування в атмосфері у порівнянні з ХФВ і, як наслідок, вони менше впливають на руйнування озонового шару (ОРР<0.05). Деякі багатокомпонентні робочі тіла, які пропонують в якості альтернативи ХФВ містять в своєму складі ГХФВ, наприклад, R 22.

3. ГФВ (HPC) – гідрофторвуглеці. Ці речовини не містять хлору, а складаються з атомів вуглецю, водню та фтору. Вони не руйнують озоновий шар (ООР = О) і мають короткий період життя в атмосфері. ГФВ вважаються довгостроковими альтернативними замінниками ХФВ і ГХФВ в холодильних системах. Прикладами таких холодоагентів є R 134A, R 125, R 152A та ін. У листопаді 1992 р. в Копенгагені на черговій зустріч країн-учасниць Монреальського Протоколу була прийнята жорсткіша редакція цього документа. Більш того, на нараді підкреслювалося, що альтернативні (з точки зору впливу на озоновий шар Землі холодильні агенти повинні мати незначний вплив і на парниковий ефект, а саме холодильне обладнання має бути більш енергетично ефективним, ніж існуюче. Тим самим проблема переведення холодильного устаткування на альтернативні холодильні агенти набула принципово нові відтінки.

Щоб продовжити експлуатацію існуючих суднових холодильних установок, що працюють на CFC холодильних агентах, з мінімальними витратами необхідно перезаправити їх альтернативними холодильними агентами, що дозволить переобладнати ці установки з мінімальними доопрацюваннями і продовжити експлуатацію існуючих суднових холодильних установок з мінімальними витратами.

На відміну від CFC (R12, R22, R502...), нові холодоадагенти HFC не містять хлору. Вони мають нульовий потенціал руйнування озону. Вони розглядаються як остаточні і повинні будуть використовуватися як в установках, що

знов розробляються, так і в тих, що діють. На сьогодні йдеться, головним чином, про наступні області використання:

– R134A повинен остаточно замінити R12 в області високих і середніх температур;

– R404A, R507A повинен остаточно замінити R22, R502 в області середніх і низьких температур;

– R407C і R410A стають лідерами в області систем кондиціювання повітря.

Використання холодоадагентів HFC породжує окремі проблеми при збірці установок і їх обслуговуванні. Більшість цих проблем існують з холодоадагентами, але самою природою HFC вони посилилися. Перш за все ці проблеми пов'язані з використанням масел для холодильних систем.

Масло в холодильних системах займає спеціальне місце в технології отримання низьких температур. Очікувана довговічність компресорів холодильних машин і установок безпосередньо пов'язана з високою якістю використовуваних масел. Взаємодія з різними речовинами, з якими знаходяться в контакті масла для холодильних машин, і особливо екстремально високі і екстремально низькі температури в різних елементах холодильної установки обумовлюють дуже специфічні вимоги, що пред'являються для масел холодильных систем.

Основна функція компресорного мастила полягає в зниженні сили тертя між елементами, що рухаються в механізмах холодильної установки, ущільненні хлипаків і, в деяких випадках, ущільненні контактних кілець. Крім того, масло повинне відводити тепло тертя від гарячих вузлів компресора і сприяти ущільненню камер стискування і хлипаків. Дуже важливо щоб холодильне масло, що досягає холодних секцій контуру у вигляді масляної пари або масляного туману або в результаті розбризкування, за будь-яких умов експлуатації поверталося в компресор за допомогою додаткових обладнань−масловіддільника або з потоком холодоагенту. Використовувані до теперішнього часу масла з холодильними агентами CFC (R12, R502...) і HCFC (R22...) абсолютно несумісні з альтернативними HFC холодоагентами. При змішуванні мінерального масла з синтетичним відбувається реакція в результаті якої утворюється гель, що закупорює канали для подання масла в пари тертя. Тому, компресори, які призначені для роботи з новими холодоагентами HFC, заправляються маслом, сумісним з холодильним агентом, що заправляється. Сумісність альтернативних холодильних агентів з маслами наведена в таблиці.

Класифікація масел для холодильних установок:

1. Мінеральні масла: нафтенові і парафінові.

2. Синтетичні масла: алкилбензольні (А); поліалкилгликольні (ПАГ); полиолефірні (ПОЕ); поліальфаолефинові (ПАО) та ін.

3. Напівсинтетичні масла: суміші алкилбензольного і мінерального масла (А/М).

Найбільш використовувані типи масла :

- мінеральні - є змішуваними (повністю розчинними) з R12, застосовуються з холодоагентами груп ХФВ, ГХФВ - R13, R22, R500, R502 і так далі;

- алкилбензольні масла (А) – використовуються в холодильній промисловості більше 25 років, термічно стабільні, добре змішуються з холодильними агентами груп ХФВ, ГХФВ.

- полиолефірні масла (ПОЕ) рекомендуються для установок з холодоагентами групи ГФУ - R134, R407C, R410A, R404A;

- поліалкилгликольні масла (ПАГ) широко використовуються в мобільних установках з холодоагентом R134A.

Переваги синтетичних масел в порівнянні з мінеральними:

- кращі змащувальні якості;

- вище термічна стабільність і стійкість в суміші з холодильними агентами;

- нижче температура застигання;

- менша агресивність по відношенню до конструкційних матеріалів.

Недоліки: - відносно висока вартість;

- значна гігроскопічна і виборча агресивність по відношенню до окремих матеріалів.

Поліолефіри - хімічні речовини, отримані зі спирту і органічних кислот. Ефірні масла надзвичайно гігроскопічні. Наприклад, вони дуже швидко насичуються вологою. Для зволоження масла досить потримати відкритою каністру впродовж 15 ÷ 20 хвилин. Тому, кількість води, яка потрапляє в контур одночасно з маслом, може виявитися дуже великою. Оскільки суміш ефір + HFC + вода може утворювати украй агресивну і небезпечну фторводородну кислоту, що у свою чергу пред'являє особливі вимоги до герметичності холодильних систем і дотримання максимальної обережності по частині обезводнення при усіх роботах, пов'язаних з розкриттям холодильного контуру.

Кращим методом видалення вологи з холодильних систем, у разі попадання її в холодильний контур, являється вакуумування усієї системи не нижче 5 мм рт.ст. з періодичним наповненням холодильного контуру газоподібним азотом (не менше 3 разів) і підігріванням системи до 30 ÷ 40 ºС. Операції по вакуумуванню повинні робитися особливо ретельно, а використовувані фільтри-осушувачі повинні мати максимально можливу продуктивність (переважно, з антикислотною функцією), щоб понизити до мінімуму небезпеку виходу з ладу компресора.

Ефірні масла не допускають змішування. Деякі ефірні масла містять антиокислювальні, противспінюючі та протизносні добавки, які покращують характеристики масел. Проте природа цих добавок у різних виробників неоднакова, що може привести до несумісності масел між собою. Крім того, при змішуванні масел результуюча в'язкість суміші стає непрогнозованою, що може нанести збиток процесу змащування компресора. Таким чином, слід уникати змішування двох різноособистих ефірних масел, небезпека чого з'являється, головним чином, при доливці масла в холодильну систему, навіть якщо ця небезпека незначна.

Проте головна проблема полягає в тому, що ефірні масла дуже швидко перестають змішуватися з HFC у присутності масла іншого сімейства, що утруднить повернення масла в компресор з охолоджувальних приладів. Фільтр-осушувач має бути спеціальної моделі HFC з набагато дрібнішими осередками і, бажано, щоб він виконував ще функцію антикислотних фільтрів.

ТАБЛИЦЯ СУМІСНОСТІ ФРЕОНУ І МАСЛА

	Масло	ХФ	Mobil	TOTAL PLANETELF	SUNISO	Bitzer
R12	Мінеральне	ХФ 12-16	Mobil Gargoyle Arctic Oil 155, 300		Suniso 3GS, 4GS	
R22	Мінеральне, Синтетичне	ХФ 12-24	Mobil Gargoyle Arctic Oil 155, 300, Mobil Gargoyle Arctic SHC 400, Mobil Gargoyle Arctic SHC 200, Mobil EAL Arctic 32,46,68,100	LUNARIA SK	Suniso 3GS, 4GS	Bitzer B 5.2, Biltzer B100
R23	Синтетичне		Mobil EAL Arctic 32, 46,68,100	PLANETELF ACD 68M	Suniso SL 32, 46,68,100	Bitzer BSE 32
R134 A	Синтетичне		Mobil Arctic Assembly Oil 32, Mobil EAL Arctic 32,46, 68,100	PLANETELF ACD 32, 46, 68, 100, PLANETELF PAG	Suniso SL 32, 46,68,100	Bitzer BSE 32
R404 A	Синтетичне		Mobil EAL Arctic 32,46, 68,100	PLANETELF ACD 32, 46, 68, 100	Suniso SL 32, 46,68,100	Bitzer BSE 32
R406 A	Синтетичне	ХФ 12-16	Mobil Gargoyle Arctic Oil 155,300		Suniso 3GS, 4GS	
R407 C	Синтетичне		Mobil EAL Arctic 32,46, 68,100	PLANETELF ACD 32, 46, 68, 100	Suniso SL 32, 46,68,100	Bitzer BSE 32
R410 A	Синтетичне		Mobil EAL Arctic 32,46, 68,100	PLANETELF ACD 32, 46, 68, 100	Suniso SL 32, 46,68,100	Bitzer BSE 32
R507	Синтетичне		Mobil EAL Arctic 22CC, 32, 46,68,100	PLANETELF ACD 32, 46, 68, 100	Suniso SL 32, 46,68,100	Bitzer BSE 32
R600 A	Мінеральне	ХФ 12-16	Mobil Gargoyle Arctic Oil 155, 300		Suniso 3GS, 4GS	

Використання холодоагентів категорії HFC (R134a, R404A, R507A, R410A...) в новостворюваних установках вимагає дотримання чисельних обережностей і породжує деякі проблеми. Заміна CFC на HFC в існуючій установці є складною операцією, викликаною необхідністю видалення з контуру ді-

ючого масла і заміни на синтетичне, призначене для конкретного холодильного агента (для чого знадобиться декілька дуже ретельних промивань контуру), встановити комплектуючі, призначені для роботи на HFC. Можливо необхідно буде замінити ТРВ, фільтр-осушувач, оглядове скло, а іноді навіть поміняти компресор.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.

1. Бабакин Б. С., Стефанчук Е. Е., Ковтунов В. И. Альтернативные хладагенты и сервис холодильных систем на их основе. М. «Колос», 2009. 159 с.
2. Бриганти А. Руководство по техническому обслуживанию холодильных установок и установок для кондиционирования воздуха. – М. Евро климат. 2004. С 218-221.
3. Котзаогланиан П. Пособие для ремонтника. Справочное руководство по монтажу, эксплуатации, обслуживанию и ремонту современного оборудования холодильных установок и систем кондиционирования. Перевод с французского В. Б. Сапожникова. – М,: Эдем, 2007. 846 с.
4. Цветков О. Б.Холодильные агенты.СПб.,СПБГУНиПТ,2004,216 с.

УДК621.433.2

Чепаліс І.В., Козьміних Н.А.

Національний університет «Одеська морська академія»

Розділення бінарної суміші метан-азот в умовах судовой системи газопідготовки

Особливості конструкції мембранних вантажних танків метановозів визначають вузький експлуатаційний діапазон тиску парів вантажу 4 - 9 кПа. Стабілізація тиску парів у вантажних танках проводиться за допомогою відбору «гарячих» парів з купола танка. Значна кількість і високий енергетичний потенціал парів вантажу визначив їх використання в якості палива енергетичної установки, як найбільш раціональний метод утилізації парів СПГ [1].

Склад парів вантажу характеризується значним вмістом низкокипящих компонентів скрапленого природного газу (СПГ): метану та азоту. Пропорції метан-азотної суміші залежать від компонентного складу самого вантажу, його температури і умов транспортування / зберігання. Залежно від складу теплотворення газу буде коливатися в широких межах, але тим не менш, характеризується високим метановим числом. В результаті, в двигуни може надходити газ з різними експлуатаційними властивостями.

У таблиці 1 вказані молярні склади парової і рідкої фаз СПГ в вантажних танках метановозів безпосередньо після навантаження з деяких скраплювальних заводів. Склад парової фази отримано на підставі рівняння стану Пенга-Робінсона, результати якого з достатньою точністю [2] описують поведінку багатокомпонентної суміші нормальних вуглеводнів в області лінії кипіння при тисках близьких до атмосферного. Як видно з таблиці 1, збільшений вміст азоту в складі пари вантажу можна спостерігати у випадках щодо «холодного» вантажу (Хаммерфест, Арзев, Рас Лаффан).

Таблиця 1

Склад парової і рідкої фаз для СПГ деяких скраплювальних заводів

Скраплювальний завод	Фазовий стан	Молярний склад, %							Температура
		CH_4	C_2H_6	C_3H_8	i-C_4H_{10}	n-C_4H_{10}	C_5H_{12}	N_2	
Рас Лаффан	Рідина	92,95	6,28	0,14	0	0	0	0,63	-160,3
	Пар	95,19	0	0	0	0	0	4,81	
Хаммерфест	Рідина	92,176	5,568	1,18	0,109	0,3	0,018	0,649	-161,9
	Пар	84,27	0	0	0	0	0	15,73	
Арзев	Рідина	87,7	8,4	2,19	0,299	0,447	0	0,96	-161,55
	Пар	82,41	0	0	0	0	0	17,57	
Поінт Фортін	Рідина	97,88	1,79	0,25	0,033	0,0229	0,0059	0,0224	-159,6
	Пар	99,95	0,02	0	0	0	0	0,03	
Бонні	Рідина	91,79	5,53	2,02	0,32	0,29	0,011	0,039	-159,1
	Пар	99,87	0,02	0	0	0	0	0,11	

Проблеми нестійкої роботи середньооборотних двопаливних двигунів після завантаження метановозу згадувалися в [3]. Зазначалося, що після завантаження на деяких скраплювальних заводах СПГ тривалість відкриття впускного газового клапана двопаливного двигуна значно перевищувалася і двигуни аварійно перевищувались на рідке паливо. Після установки в систему газопідготовки газового хроматографа було встановлено, що молярна частка азоту в парах вантажу досягала $y_{N_2} \approx 30\%$.

Азот знижує теплотворення газу і, відповідно, можливість стійко використовувати пари вантажу в якості палива. Вплив теплотворення горючої суміші на потужність двигуна можна помітити з рівняння ефективної потужності двигуна:

$$N_e = K V_h Q_{см} \eta_v \eta_i \eta_m n, \quad (1)$$

де K – коефіцієнт; V_h - робочий об'єм двигуна; $Q_{см}$ – теплотворність робочої сумішіДж/нм3; η_v – коефіцієнт наповнення; η_i – індикаторний ККД; η_m – механічний ККД; n – частота обертів.

З рівняння випливає, що потужність двигуна прямо пропорційна теплоті згоряння горючої суміші [4].

Крім того, з досвіду експлуатації двопаливних двигунів відзначено, що при підвищеній концентрації азоту в парах вантажу відбувається нерівномірний розподіл навантаження по циліндрах, короткочасні закидання температури вихлопних газів, значно знижується прийомистість і збільшується схильність двигуна до детонації.

Виробник двигунів Wärtsilä висуває вимоги до мінімального теплотворення газового палива для середньо оборотних двопаливних двигунів Н=28 МДж/нм^3(табл. 2), що відповідає молярної концентрації азоту в складі пари вантажу $y_{N_2} \approx 30\%$. Однак зі спостережень автора за роботою двопаливного двигуна Wärtsilä 6L50DF було встановлено перемикання на рідке паливо при

навантаженні 82%, коли концентрація азоту в парах вантажу становила $y_{N_2} \approx 4{,}39\%$.

Таблиця2

Основні вимоги до якості газового палива двопаливного двигуна Wärtsilä 50DF

Параметр	Одиниці виміру	Величина
Об'ємна нижча теплота згоряння , min	МДж/нм^3	28
Метанове число, min		80
Вміст метану, min	%	70
Температура	°C	0 - 50 °C

На рис.1 представлена схема системи газопідготовки середньообертових двопаливних двигунів метановозів, з якої видно, що підготовка газового палива відбувається тільки за параметрами температури і тиску, а видалення азоту не передбачено.

З вищесказаного можна зробити висновок: для стійкої роботи двопаливних двигунів на парах вантажу необхідно максимально виділити їх від азоту.

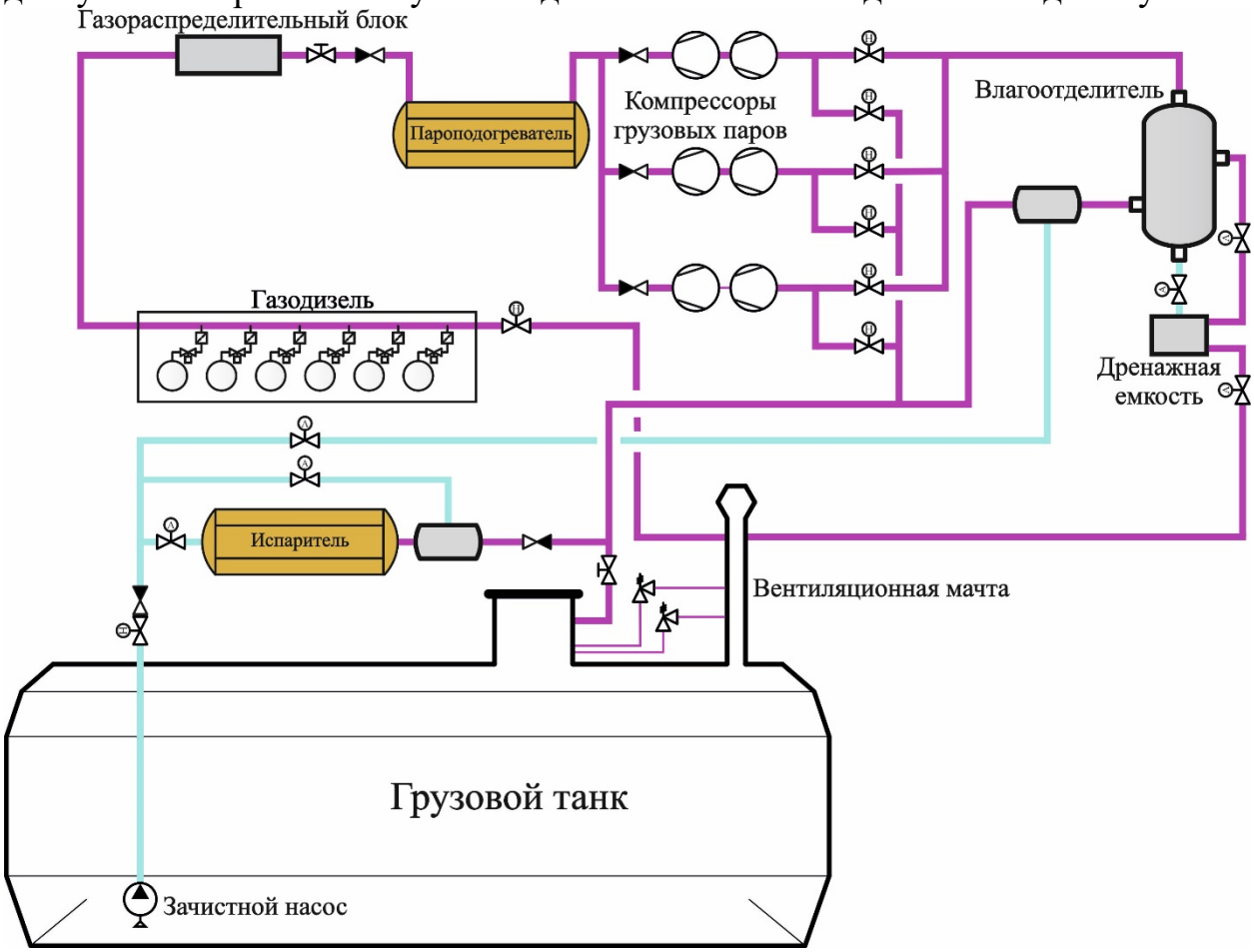


Рис. 1 Система газопідготовки середньообертових двопаливних двигунів метановозів

На сьогоднішній день в галузі переробки природного газу існують три основні методи відділення азоту від природного газу.

Установка ***криогенного поділу*** з однією колоною, може бути використана для сумішей з вмістом азоту <20%. Однак, економічно вигідним цей метод є при потоках газу 60000 - 125000 м^3 / рік, що більш характерно для скраплювальних заводів.

В основі процесу ***адсорбційного розділення*** газових сумішей полягає явище зв'язування твердою речовиною, званим адсорбентом, окремих компонентів газової суміші. Це явище обумовлено силами взаємодії молекул газу і адсорбенту. Робота адсорбційних газороздільних систем заснована на тому, що поглинання компонента газової суміші сильно залежить від температури і парціального тиску. Таким чином, регулювання процесу поглинання газів і регенерації адсорбенту відбувається шляхом зміни тиску і / або температури.

Головними факторами, що впливають на ефективність відділення, є адсорбент, що використовується, температура та парціальний тиск адсорбата.

Технологія ***короткоцикловой адсорбції*** (КЦА) включає в себе дві головні ступені: подача потоку під високим тиском і регенерація адсорбенту при низькому тиску. Метан адсорбується в шар, дозволяючи отримати азот при тисках подачі. Після відділення азоту їх сировинного потоку регенерація завершується після падіння тиску в колоні, дозволяючи десорбувати газ, продування адсорбент метаном. Це вимагає дорогої рекомпрессії потоку збагаченого метаном, яка робить цей метод неприпустимим для використання в умовах судна.

Сепарація потоку через мембрани.

Мембрани - селективні, напівпроникні бар'єри, які дозволяють проходить різних компонентів при різних потоках. Проникність визначається як потік, при якому газ проходить через мембрану стандартної товщини при стандартній рушійну силу (перепад тисків 1 см.рт.ст.). Цей метод більш енергоефективний, в порівнянні з іншими методами через свою простоту. При низьких температурах азот відділяється в резіносіліконових мембранах. Газ скраплюється на поверхні мембрани, розчиняється, дифундує і потім випаровується на іншій поверхні. Газова суміш під високим тиском проходить через одну частину мембрани, дозволяючи молекулам, які проникною мембрану прочищати, використовуючи газ по іншу сторону мембрани в так званий потік пермеата. Молекули непроникні, які залишаються в сировинному потоці йдуть з мембрани з ретентатним потоком.

Технологія мембранного розділення газів набула поширення в сфері переробки природного газу в середині 80-х років минулого століття для відділення CO2. Ці мембрани поділяли гази за рахунок різниці розміру молекул і проникності CO2 в 10-15 разів швидше метану. На жаль, різниця в розмірах кінетичний діаметр CH4 = 3,8 $\overset{o}{A}$; N2 = 3,64 $\overset{o}{A}$.

На сьогоднішній день розроблені мембрани, сепарація яких заснована на різниці в розчинності двох газів в мембрані. Метан будучи більш конденсованих, ніж азот в сім разів більше розчинний в деяких полімерах. Ця різниця в розчинності використовується для виробництва мембран, які в 3-4 рази більше проникні для метану, ніж для азоту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Чепаліс І.В. Аналіз систем подачі природного газу в двотактні газодизелі на судах-метановозах // Технічні гази, 2016. - № 3. - С. 65-70.
2. Брусилівський А.І. Фазові перетворення при розробці родовищ нафти і газу. // Москва: "Грааль", 2002. - 575 с.
3. Jean-François Castel, Jérémie Leriche Feedback on the operation of the dual fuel diesel electric propulsion on LNG carriers: impact of gas fuel quality on propulsion efficiency.
4. Коллеров Л.К. Газові двигуни поршневого типу. // Москва: Машгиз. 1955. - 211 с.
5. Commercialization of Nitrogen-RichNatural Gas

УДК 621.874

Тимків О.В., Денісов В.Г.

Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса

Підвищення ефективності експлуатації суднових систем

Система очищення баластних вод

Методи очищення баластних вод

Хлорування (12 BWMS):

- Електролітичне хлорування (9 BWMS)
- Додавання хлорованих сполук (наприклад, гіпохлориду кальцію, натрію гіпохлорид) (3 BWMS)
- Озон (2 BWMS)
- Окислення (2 BWMS)
- Дезоксигенація (1 BWMS)
- Ультрафіолетове (УФ) випромінювання (12 BWMS)
- Плазмова Ars + UV (1 BWMS)
- Вакуумний реактор + UV (1 BWMS)

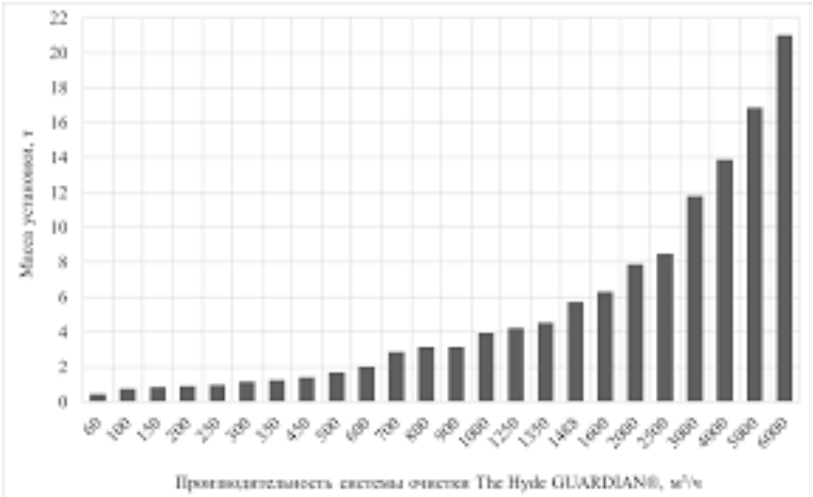


Рис.1 Потужність систем для очищення баластних вод

Порівняння технічних специфікацій

Табл. 1 BWMS з УФ

Продуктивність (м3/год)	Площа (м2)		Потужність (кВт)		Вага (кг)	
	від	до	від	до	від	до
250	2.4	8.0	11	33	900	2300
500	1.3	16.0	15	77	1386	3300
1000	2.8	29.0	30	154	3941	5500
3000	13.9	48.0	90	462	13000	13170

Способи обробки баластних вод

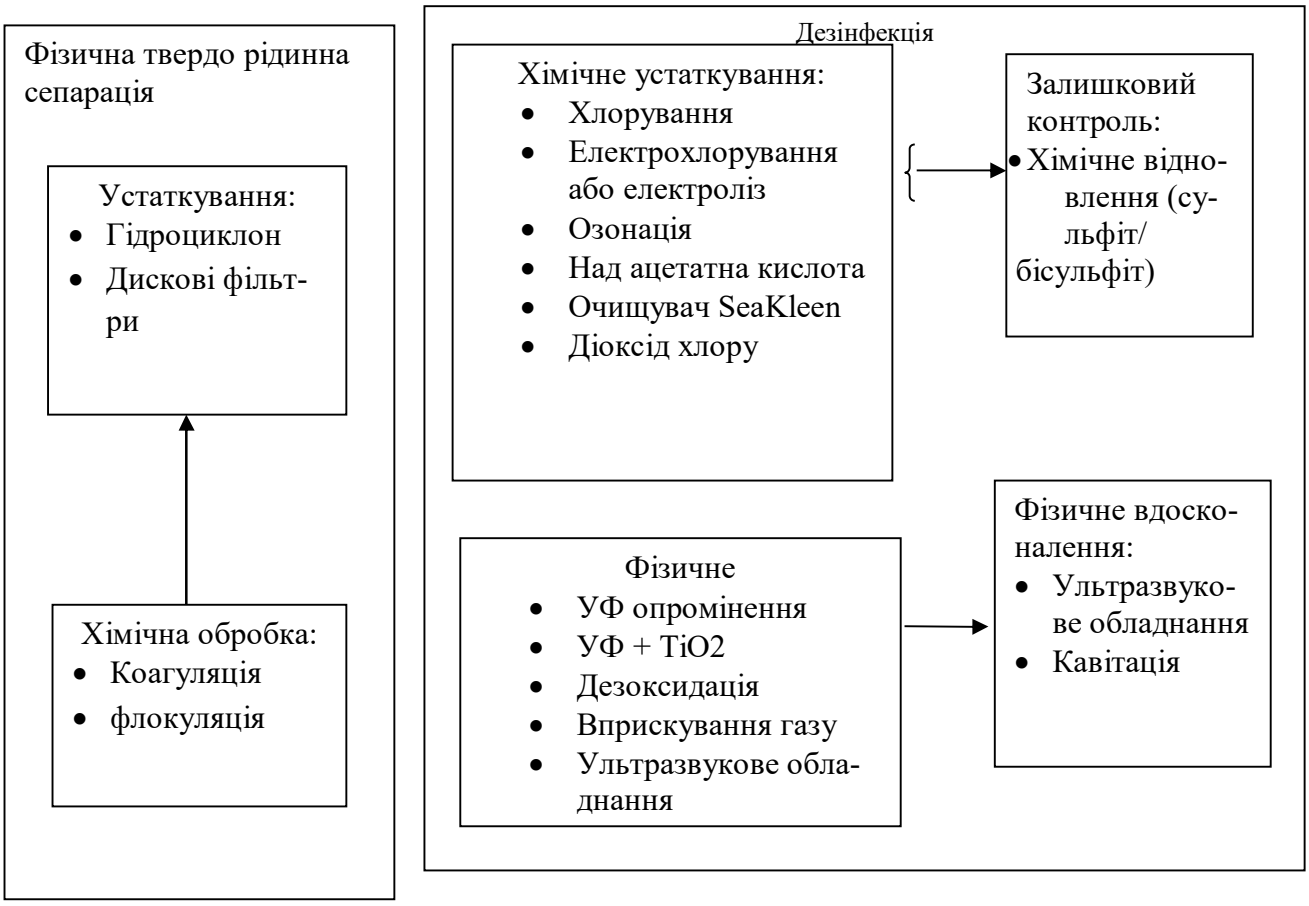


Рис. 2 Сепарація та дезінфекція баластних вод

Під час прийому баласту система функціонує, очищаючи воду за допомогою двох блоків – фільтра і блоку УФ, а під час скидання баласту працює тільки блок УФ.

Комбінована система очищення, яка використовує переваги фільтрації і УФ опромінення. Ця технологія є найбільш дружньою по відношенню до навколишнього середовища і спроектована оптимальним чином для установки і роботи на судах будь-якого типу.

Взявши на озброєння технологію 100% фізичної обробки, ефективно дезинфікує шкідливі водні організми і патогенну флору в баластної воді, не виробляючи під час прийому і скидання баласту ніяких токсичних речовин.

Варіанти поєднання процесів очищення баластних вод

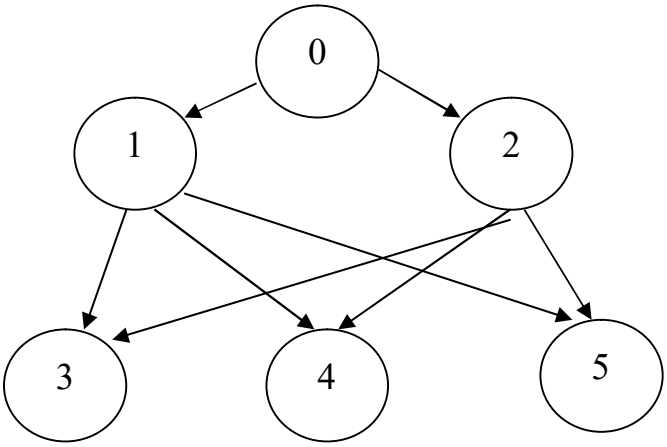


Рис. 3 Схема можливих послідовностей застосування способів обробки баластної води в системі очищення: 0- коагуляція; 1- фільтрування; 2 – роздрібнення в гідроциклоні; 3 – дезінфекція ультрафіолетовим промінням; 4 – електрохімічна обробка; 5 – хлорування.

УФ система очищення баластних вод

Загальні положення УФ системи.

Рис. 4 УФ система очищення баластних вод.

Фільтр не тільки перешкоджає проникненню організмів розміром більше 50 μm, але також допомагає мінімізувати утворення відкладень в баластних цистернах, що вигідно для судноплавних компаній, оскільки дозволяє скоротити витрати на обслуговування і очищення баластових цистерн.

В якості попередньої обробки фільтр відсіває відкладення і організми розміром більше 50 μm, а ті, розмір яких менше 50 μm будуть знешкоджені шляхом ультрафіолетового опромінювання.

Блок фільтру: баластова вода надходить у фільтр через вхідний патрубок, проходячи крізь циліндричний елемент фільтра. Щільний осад, який збирається на поверхні елемента, стає причиною падіння тиску на виході. Зворотна

промивка починається, коли досягається задана межа різниці тиску або по закінченню заданого проміжку часу. Під час циклу зворотної промивки процес фільтрування не переривається, потік води продовжує проходити через фільтр.

Елементи УФ системи очищення

Рис. 5 УФ блок

Рис. 6 Блок фільтру

Характеристики:
Видалення великих організмів понад 50 µm
Підвищення УФ світло передачі
Низький перепад тиску
Автоматична зворотна промивка
Розмір ячейки сітки фільтра: 50 µm
Пропускна здатність: 50 ~ 6,000 м3/ч
Макс. Робочий тиск: 10 кг/см2
Вибухонебезпечний тип

УФ Блок: Використання ультрафіолету для дезінфекції води – це добре зарекомендована технологія. Це безпечний спосіб знезараження застосовується в різних галузях промисловості. УФ технологія використовує виключно ультрафіолет для деактивації бактерій, вірусів та інших присутніх в баластної воді організмів. УФ блок легкий в експлуатації і не використовує дорогих і потенційно небезпечних хімікатів. Ультрафіолетове світло, як було і остається надійним засобом дезінфекції. Обробка діє безвідмовно, тому що УФ світло проникає крізь мембрану клітин організму і руйнує її генетичний матеріал, роблячи розмноження неможливим.

Характеристики:

Довгий термін експлуатації УФ ламп
Дезінфекції мікроорганізму
Легка в обслуговуванні і експлуатації
Автоматичний брудоз’ємник

Пропускна здатність: 50 ~ 6,000 м3/ч
Макс. Робочий тиск: 10 кг/см2
Вибухонебезпечний тип

Рис.7 Панель управління

Панель управління: панель моніторінга та управління PLS служить для активації і деактівації УФ ламп через УФ блоки живлення, з метою підтримки достатньої дози ультрафіолету, контролюючи витрату енергії. Панель моніторінга та управління пропонує моніторинг стану системи в реальному часі експлуатації, одночасно реєструючи дані, що потрібно по конвенції.

Характеристики:

Реєстрація даних за 24 місяці
Показ основних даних (тиск, потік, темп і т.п.)
Сигналізація
Контроллер: SIEMENS PLC
Інтерфейс «користувач-машина»
Сенсорний дисплей

Блок живлення УФ: головна функція блоку живлення УФ – обслуговування ламп середнього тиску всередені УФ камери. Панель управляє інтенсивністю УФ ламп завдяки встановлених в ній конденсаторів. Вона також визначає правильність функціонування УФ ламп. Температурний датчик, встановлений всередині блоку, стежить за рівнем температури, подає сигнал оператору і відключає систему в разі аварії. Температура єксплуатації : 0 ~ 70 C^{o}

Збільшення енергетичних витрат, пов'язане з встановленням обладнання обробки баласту, в залежності від застосовуваних технологій, може викликати необхідність установки додаткового ручного дизель-генератора або заміни існуючого на більш потужний. Маса окремих установок і займана ними на су-

дні площа може досягати 20 т і 145 м^2, відповідно, при висоті до 20 м. Додаткові капітальні витрати можуть складати до 2 млн. Дол. США (в окремих випадках і більше), тобто досягати декількох відсотків від повної вартості судна, вартість обробки може становити від 40 до 220 дол. США за кожні 1000 м^3 баласту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ballast Water Treatment Advisory [Electronic resource]. – Houston: American Bureau of Shipping, 2011. – Mode of access : http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB /ShowProperty/ BEA%20Repository/References/ABS%20Advisories/BWTreatmentAdv.

2. Guide to ballast water treatment systems [Electronic resource]. – Colorado : IHS Maritime, 2013. – Mode of access : http://www.rwo.de/rwo/ressources /documents/1/25412,Ballast-Water-Guide-2013.pdf.

3. Ballast water treatment systems. Guidance for ship operators on procurement, installation and operation [Electronic resource]. – London : Lloyd's Register, 2010. – Mode of access :

4. www.skv-spb.ru/docs/GloEn-Patrol%20Ctlog_rus.pdf

5. www.kma.ks.ua/ua/images/science/publications/2013/1_8/7.pdf

6. www.kron.spb.ru/press-center/publikatsii/sobv-panasia-2018/

7. www.korabel.ru/equipment/item_view/466684.html

UDC 629.5.065

Drozd O.V, Razdorozhnuy S.V.
National University "Odessa Maritime Academy"

Use of IHI ship cranes in regular mode

Introduction

The need to improve the safety of navigation and the operational characteristics of the vessels of the merchant fleet implies competent operation of all ship equipment. This article discusses the bulk carrier cargo system of 2010 year built, with a displacement of 72,111 reg.tons, deadweight of 58,058 m. tons, with fixed cargo cranes of the company "IHI"(Fig.1).

Fig.1. The m/v " Bomer Oyster"

Cargo system.

Technical operation of cranes involves their work with the characteristics specified in the technical documentation by the manufacturer. The nominal carrying capacity of 30 tons, the maximum radius of the working zone of the crane is 26 meters with a minimum tilt angle of 20 °, a minimum of 3.5 meters with a full turn of 360 °, the rise time is 52 seconds with a maximum height of 37 meters.

It is possible to operate each crane in three modes: with a load capacity of 30t and a speed of 19m / min; with a lifting capacity of 18t and a lifting speed of 24m / min; and a minimum load capacity of 6 tons at a lifting speed of 50m / min. The passport diagram of possible modes of operation of loading and working operations is given below (Fig.2).

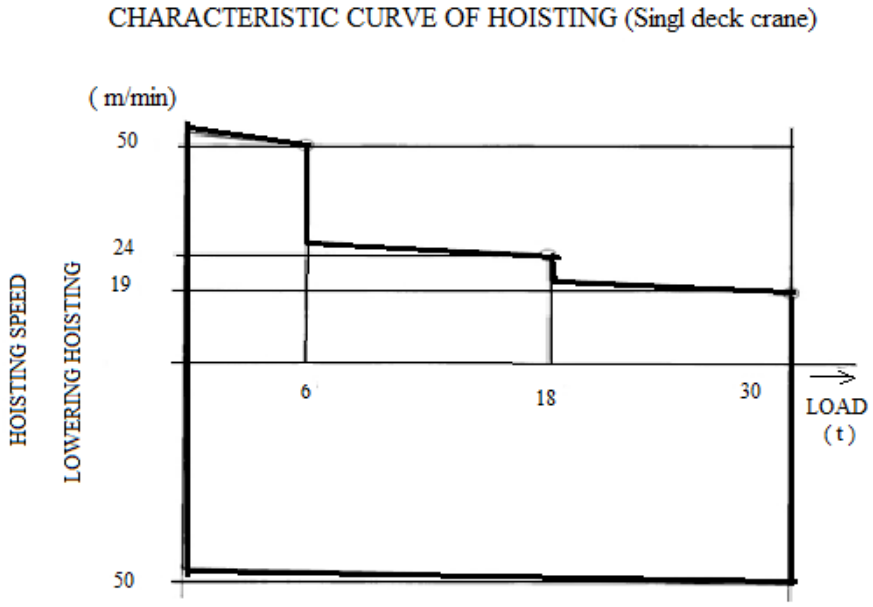


Fig.2. The passport diagram of possible modes of loading operation

Recommended crane operating speeds are given for a working fluid-hydraulic oil with a viscosity of 50 cSt and a working temperature of 40 ° -50 ° C.

In the operation of the crane it is possible to combine lifting and turning operations and changing the boom reach. The operation of cranes in a single mode.

Below is a diagram of the placement of cranes for traveling (Fig.3) .

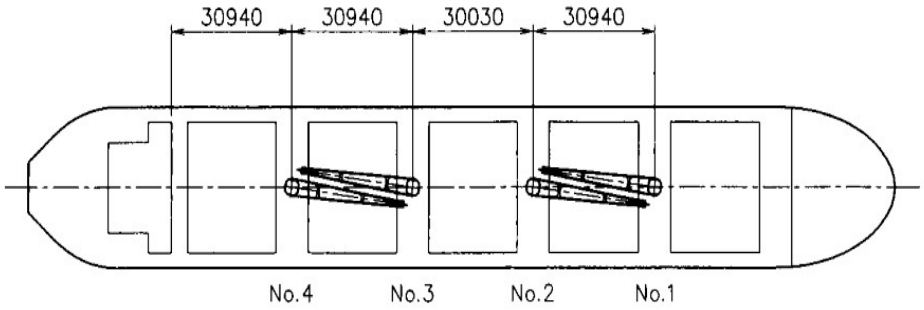


Fig.3. Diagram of the placement of cranes

The cargo suspension boom includes a grapple device.

The safe loading capacity of the crane is calculated taking into account its own weight of the grapple for each specific load using the formula.

The grab capacity shall be decided to satisfy the following formula.

Safe working load:

$0.8 \cdot 30t \geq \gamma \cdot V_b + W_b$,

where W_b – self weight of grab, t;

V_b – grab capacity, m^3;

γ - apparent density of handling material, t/m^3.

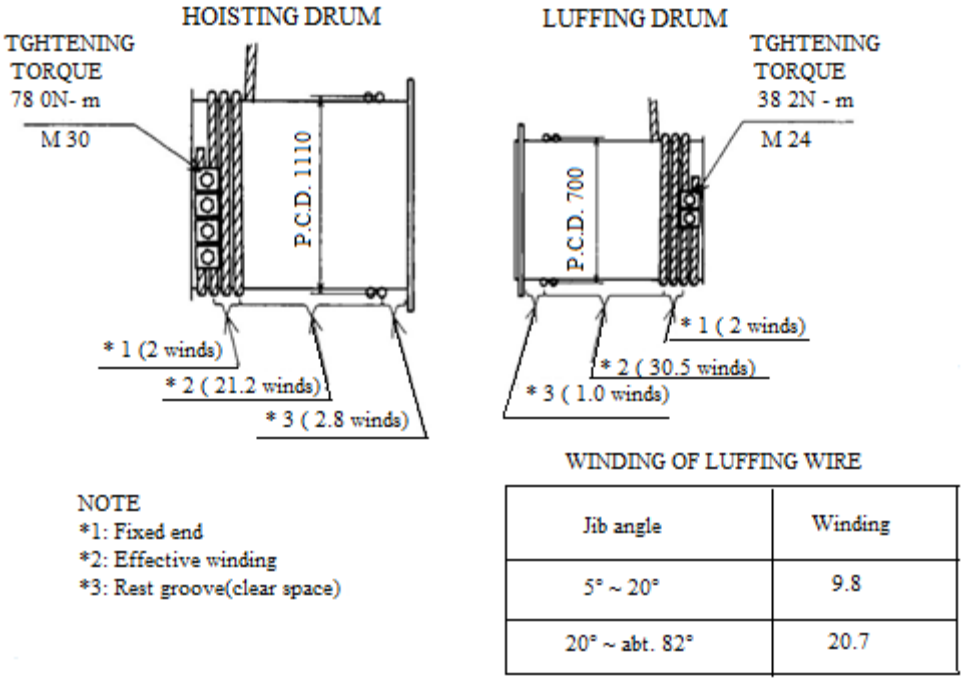
From the formula it is clear that the recommended safe lifting capacity of the crane should not exceed 25 tons. On the vessel, two types of rope were used for cargo and toppant drums, respectively.

Characteristics of the ropes are given in table 1.

Table 1. Characteristics of the ropes

CHARACTERISTICS	HOISTING WIRE ROPE	LUFFING WIRE ROPE
Construction	UNI ROPE U4xSeS(48)	JIS,№18 Filler 6xFi(29) IWRS B Class
Laying	Regular Z lay	Regular Z lay
Galvanization	Special Galvanization	Special Galvanization
Rope-diameter	33.5 mm	26 mm
Breaking load	777 kN (79.2 t)	457 kN (46.6 t)
Length	252.7 m	203.4 m
Wire end	One: wire socket(dead eye thim-ble) Other: seizing	One: wire socket(dead eye thimble) Other: seizing

Provision is made for ropes securing on the hoisting and luffing drums by clamping strips (Fig.4) with four and two sets of bolts, respectively.



Jib angle	Winding
5° ~ 20°	9.8
20° ~ abt. 82°	20.7

Fig.4. Hoisting and luffing drums

Despite the stated requirements of the manufacturer to the technical operation of cranes, during the voyage from 06/26/2019 to 01/19/2019 there were two emergency cases in the operation of cranes during loading operations.

Description of the operation of cranes.

Case: №1. 04/11/2018.

During loading in Saudi Arabia, the port of Al Jubaila around midnight, the crew felt a strong blow. For 10 minutes, upon notification, 22 crew members, including the foremen, were on deck near the 1st hold. As the crane operator explained, during the clinker loading (the main component of cement), the rope began to "bloom". As a result, the rope burst at a height of 3 meters, saved from the hole in the bottom of the vessel that the hold was half loaded.

On the eve of this state of emergency, in the specified port the vessel received supplies, in particular a new reel with a rope. The chief mate decided to urgently replace the rope. Within 7 hours using the 3rd crane and port workers replacement was made. At 7 am the crane was again in operation and continued his work.

After completion of the loading, during the passage to Bangladesh, the port of Chittagong, from the Chief Engineer received an order to check all the ropes on cranesThe audit showed that one of the cargo ropes required immediate replacement, as its diameter was 3.5 mm smaller than the required passport. The Chief Engineer sent a request to replace the rope to the company, to which the company responded by refusing, without giving permission and not justifying it. Unloading on the roadsted was successful without incident.

Case: №2. 11/27/2018.

After Chittagong, the ship proceeded to the Indian port of Mumbai for loading with Tungsten Ore.

During the calculations it turned out that the cranes would not be able to work with such a clamshell suspension with this load. The fact is that the volume of the grab in 12 m^3 for the safe lifting capacity of the crane is already fully selected with a load of Tungsten Ore of only 3.5 m^3.

But, it was decided not to postpone the loading and continue. In the first hours of work, problems began with the grab on the 4th crane: the battery, which serves as an electrical carrier for the remote bucket transmitter, was dead too fast.

By the end of the day, the rope on the grab could not withstand the tension and burst. The grab fell into the half-empty hold in the open position, the crane operator managed to open the grab up to this point and pour out the ore.

Fallen grab at an angle pierced the bottom of the hold, the hole was not serious, the repair team soon patched it with a plaster.

The situation worsened when they began to look for a new rope to replace, but failed to find it, and they had to weave a rope to replace the two parted.

This case served as a lesson for the company that it is not worth saving on supply.

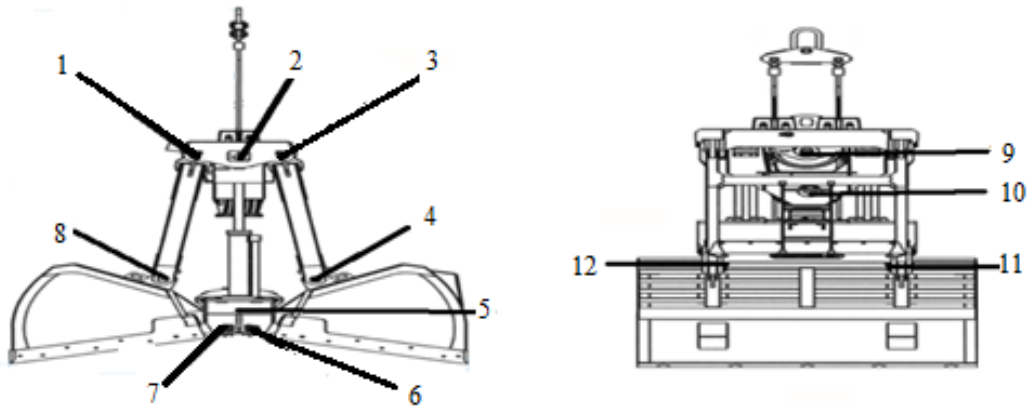


Fig.5. Grab lubrication map

This figure (Fig.5) shows a grab lubrication map.

Findings.

The considered emergency cases speak about the negligence of the shipping company and ignoring the timely replacement of rejected flexible elements of cranes.

Recommendations.

For trouble-free operation of ship cranes it is necessary:

1. Weekly check operation on condition of pumps;
2. Monthly lubrication of control points of the grab suspension;
3. Monthly check of hydraulic system;
4. Daily inspection of magnetic grids in front of the pump;
5. Weekly / monthly check of rope thickness depending on the frequency of work.

REFERENCES

Documentation from m / v "Bomar Oyster".

УДК 621.874

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

Дослідження здвоєного стрілового поліспаста з підпружиненим балансиром

Однією з проблем при експлуатації стрілових кранів з поліспастовим підвісом стріли є аварії внаслідок падіння стріли у разі обриву троса.

У стрілових кранах з тросовим підвісом у здвоєних поліспастах у якості зрівняльного елемента використовується блок або, особливо у важких кранах, балансир в два окремих троси. У системі з'являється резервування і можливість утримання стріли від падіння при обриві одного з тросів на другому. Але дослідження [1] показали, що коефіцієнт динамічності зусилля у стріловому поліспасті у цьому випадку значно перевищує запас міцності троса, який залишається цілим. Це вказує на неминучість падіння стріли з вантажем.

З метою усунення при обриві троса динамічних ударних навантажень була розроблена конструкція стрілового поліспаста для плавкрана «Богатырь» [2, 3] (рис. 1), в якій дві гілки тросів приєднані до балансира, що закріплений на штоку пружинного компенсатора-уловлювача, змонтованого на каркасі (рис. 2). При обриві однієї з гілок компенсатор-уловлювач зберігає постійну відстань між точками кріплення на каркасі й на стрілі цілої гілки троса.

З опису конструкції авторами слідує, що перерозподіл зусиль у гілках поліспаста після обриву однієї з них розглядався за схемою статичного прикладення зусилля до цілої гілки троса завдяки забезпеченню незмінного положення точки кріплення її до балансира.

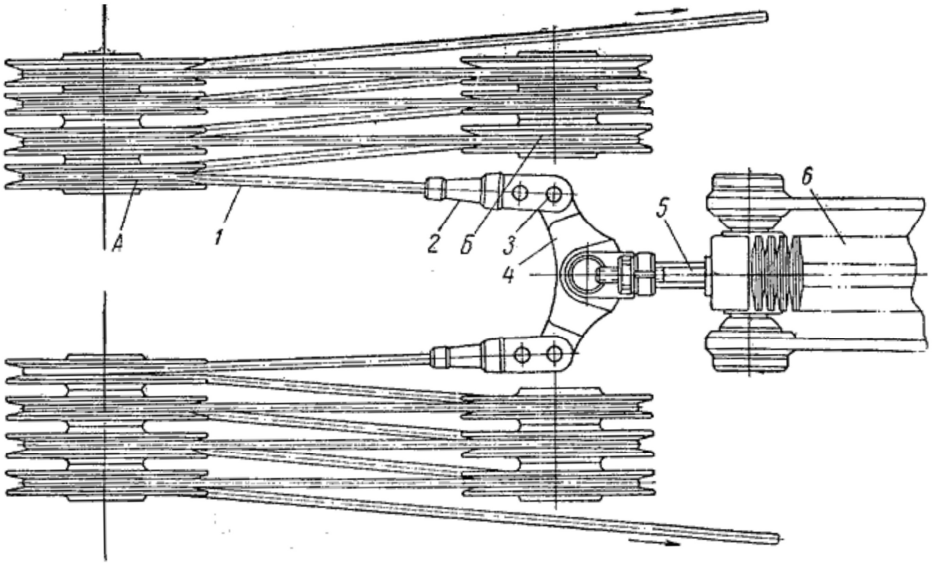
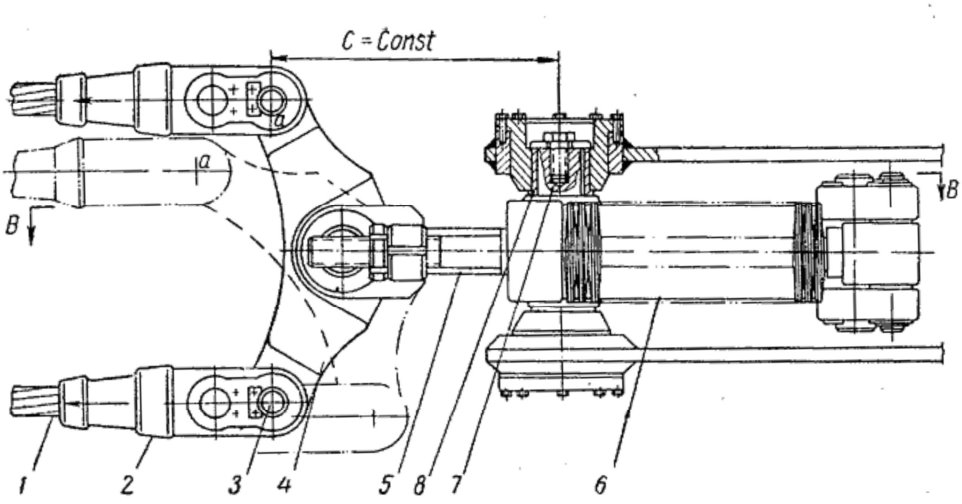


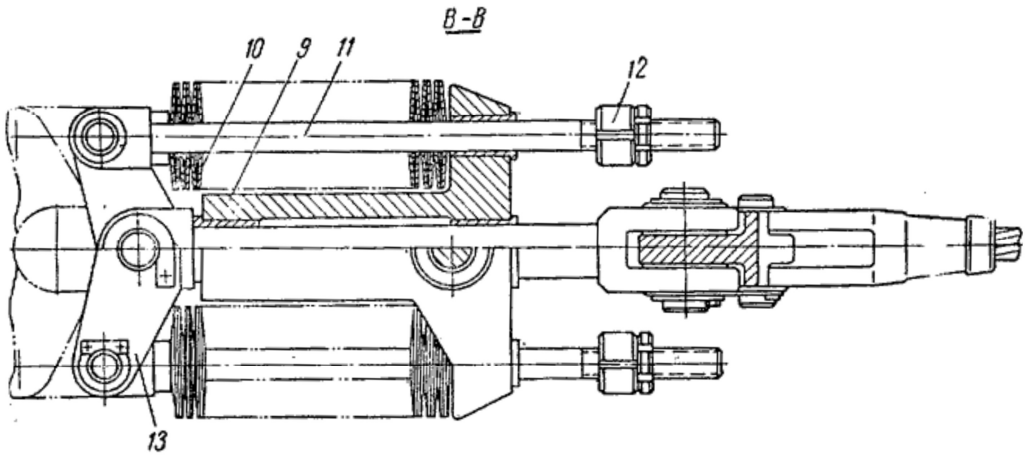
Рис. 1. Здвоєний стріловий поліспаст

Аналіз конструкції дає змогу стверджувати наступне. Пружини компенсатора є ланкою пружного ланцюга «стріловий поліспаст – компенсатор-уловлювач», що зв’язує стрілу з каркасом крана. Жорсткість цього ланцюга визначається як при послідовному з’єднанні елементів і зусилля у ньому визначається не тільки жорсткістю поліспастового підвісу. Крім того, коли спрацьовує компенсатор-уловлювач, пружини стискання подовжуються і деформація ланцюга «поліспастовий підвіс – компенсатор-уловлювач» зменшується. Отже, зусилля у поліспастовому підвісі стріли в момент обриву троса зменшується по-перше за рахунок зменшення жорсткості пружного зв’язку стріли з каркасом, по-друге за рахунок зменшення деформації цього зв’язку.

Для розрахунку динамічних зусиль при утриманні стріли розглянутий найпростіший випадок без урахування впливу роботи механізмів підйому вантажу, зміни вильоту стріли та повороту крана. З огляду на те, що процес відбувається за короткий проміжок часу і здатність тросів демпфірувати зусилля не дає значного впливу на максимальні результати, дисипативні складові теж не ввійшли в модель.



а)



б)

Рис. 2. Пружинний компенсатор-уловлювач

Для досліджень прийнята двомасова модель суднового стрілового крана (рис. 3), де m_1 – маса вантажу; m_2 – приведена до поступального руху вантажу маса стріли; c_1 – коефіцієнт жорсткості вантажного поліспаста; c_2 – коефіцієнт жорсткості віток тросів, що йдуть на барабан лебідки механізму підйому; c_3 – жорсткість стрілового поліспаста після обриву троса; c_4 – жорсткість пружинного компенсатора-уловлювача; G_1 – вага вантажу; G_2 – вага стріли; y_1, y_2 – переміщення мас m_1 та m_2 відносно недеформованого стану системи.

Зусилля у стріловому поліспасті

$$F = \frac{c_3 c_4}{c_3 + c_4} y_2 .$$

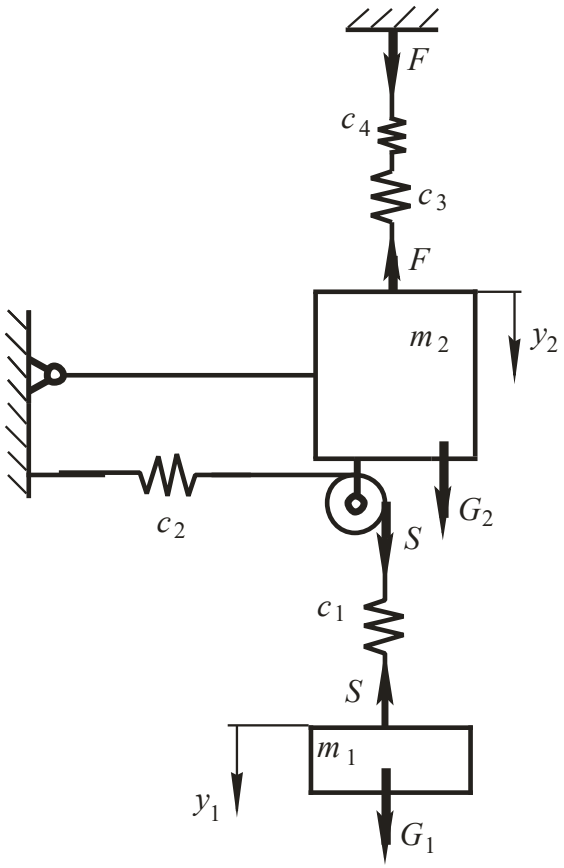


Рис. 3.

Зусилля у поліспастовому підвісі вантажу

$$S = \frac{\left(\frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}\right)\left(\frac{c_3 c_4}{c_3 + c_4}\right)}{\frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} + \frac{c_3 c_4}{c_3 + c_4}}(y_1 - y_2).$$

Рівняння руху мас після обриву троса

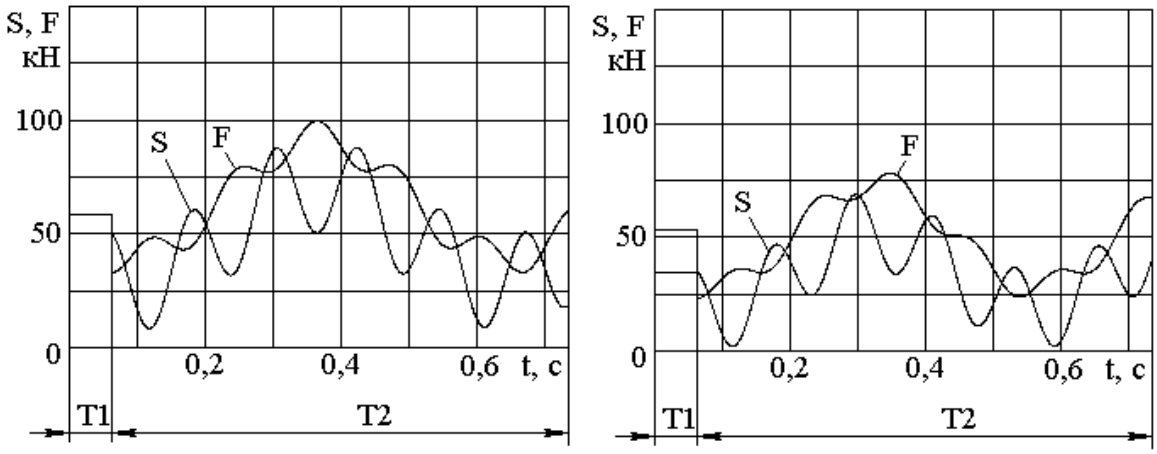
$$\begin{cases} m_1 \ddot{y}_1 - \dfrac{\left(\frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}\right)\left(\frac{c_3 c_4}{c_3 + c_4}\right)}{\frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} + \frac{c_3 c_4}{c_3 + c_4}}(y_1 - y_2) + G_1 = 0; \\ m_2 \ddot{y}_2 + \dfrac{\left(\frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}\right)\left(\frac{c_3 c_4}{c_3 + c_4}\right)}{\frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} + \frac{c_3 c_4}{c_3 + c_4}}(y_1 - y_2) - \dfrac{c_3 c_4}{c_3 + c_4} y_2 + G_2 = 0. \end{cases}$$

Початкові умови

$$t = 0, \quad y_1 = \frac{G_1}{\frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}} + \frac{G_1 + G_2}{c_3}, \quad \dot{y}_1 = 0, \quad y_2 = \frac{G_1 + G_2}{c_3}, \quad \dot{y}_2 = 0.$$

Результати розв’язання рівнянь методом Рунге-Кутта наведені у вигляді графіків зусиль у стріловому й вантажному поліспастах для стрілового крана вантажопідйомністю 5 т (рис. 4, а).

Аналіз розрахунків свідчить, що максимальне зусилля в стріловому поліспасті F = 99,6 кН. Статичне навантаження на стріловий поліспаст $F_{st} = G_1 + G_2$ = 65,9 кН. Відповідно коефіцієнт динамічності зусилля у стріловому поліспасті k_F = 1,51. У підвісі вантажу S = 92,1 кН, відповідно коефіцієнт динамічності k_S = 1,8. Для кранів, вантажопідйомність яких менша 161 т, такі коефіцієнти були б досить непогані.



а) б)

Рис.4

Для тросів стрілових і вантажних поліспастів кранів вантажопідйомністю 161 т і більше регламентований коефіцієнт запасу міцності k = 3 [4]. Трос, який залишиться цілим після обриву іншого у здвоєному поліспасті буде мати запас міцності в два рази менший. А з урахуванням зменшення площі поперечного перерізу троса до норм бракування та втрати міцності при згинанні на блоках поліспаста до 50% [5] можна стверджувати що його обрив неминучий також і для кранів вантажопідйомністю 160 т і менше при використанні досліджуваної конструкції поліспаста.

Для визначення умов, за яких є можливість утримати стрілу після обриву троса, проведені розрахунки для випадку вантажу масою, меншою за номінальну. Така маса для даної конструкції крана – 3,6 т. Результати розв’язань приведені на рис. 4, б. Максимальне зусилля у стріловому підвісі F = 78,3 кН. Відповідно коефіцієнт динамічності k_F = 1,2. У підвісі вантажу S = 68,7 кН, відповідно k_S = 1,37. Коефіцієнти динамічності не перевищують запас міцності троса. Це свідчить про можливість утримання стріли з вантажем на другому тросі з подальшим завершенням вантажної операції.

Висновки і перспективи подальших досліджень.

Порівняльний аналіз отриманих коефіцієнтів динамічності зусиль і коефіцієнтів запасу міцності тросів показує, що для кранів вантажопідйомністю більше 160 т втримати стрілу неможливо. Коефіцієнт динамічності зусилля у стріловому тросі практично дорівнює його запасу міцності. З урахуванням

втрати несучої здатності троса під час його зносу до норм бракування, а також втрати його міцності при згині на блоках, можна зробити висновок, що балансир з пружинним штоком не забезпечує необхідне зниження динамічних навантажень навіть для кранів вантажопідйомністю до 160 т.

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

Виведені диференційні рівняння можна використовувати для створення графічної моделі динамічного процесу навантажень на стріловий та вантажний канати, для визначення маси вантажу , який може бути утриманий при відмові каната стрілового поліспаста.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Стукаленко А.М., А.А.Кылыннык. Анализ динамических нагрузок судового стрелового крана при отказе топенанта сдвоенного стрелового полиспаста. *Енергетика судна: експлуатація та ремонт* : зб. тез доп. наук.-техн. конф., Т. 1., 21.03.12-23.03.12. Одеса, 2016. С. 32-33.
2. Косяченко И.Г. Патентоспособность морских плавучих кранов. *Судостроение*. 1973. № 4 . С.26-28.
3. Сдвоенный полиспаст стрелового крана: а.с. 170159 СССР, МПК В 66с. № 840909/27-11; заявл. 10.04.61; опубл. 09.04.65, Бюл. № 8.
4. Регістр судноплавства України. Правила щодо вантажопідіймальних пристроїв морських суден. Вид. 2011.
5. Никитин И.Ф., Щербак О.В. Исследование изгиба каната на блоках. *Вестн. ХНАДУ*. 2007. № 38. С. 108-110.

УДК 656.6-042.5/.8:502/504

Суворов П.С., Тарасенко Т.В., Залож В.И., Максимов С.Б.
Дунайский институт Национального университета «Одесская морская академия»

Энергоэффективность и экологичность судов в дунайском судоходстве

Исследования в области применения в судоходстве на внутренних водных путях (ВВП) Европы общего понятия энергоэффективности, используемого в международном морском судоходстве, сформулированного в Приложении VI к Конвенции MARPOL 73/78 и в соответствующих резолюциях Международной морской организации (*IMO*), выявили отдельные особенности в определении возможных технологий управления энергоэффективностью на судах внутреннего плавания.

Объемы перевозок грузов на ВВП Европы в последнее десятилетие колеблются около 550 млн. тонн в год и прогнозируется, что к 2030 году доля внутреннего судоходства в распределении грузопотоков Европы составит около

10%, при этом грузооборот составит около 240 млрд. тонно-километров при естественном резком росте объемов энергетических затрат. Соответственно, задача управления энергоэффективностью остается актуальной для внутреннего судоходства в целом и для дунайского – в частности.

Проблемам поиска вариантов достижения максимальной экономии энергии (топлива) при безусловном обеспечении движения флота и, соответственно, снижении вредных выбросов в атмосферу, в частности CO_2, посвящено значительное число исследований, существенно активизировавшихся с начала 2000-х гг. [4, 10, 11]. На текущий момент уже существуют сформировавшиеся основные мнения по фундаментальному решению этой проблемы техническими методами (при принятии за базу индекс *costs*/*benefit* типовой единицы стандартного проекта действующего судна с судовой энергетической установкой – СЭУ). Исходя из прогноза состояния рынка до 2020 г., технические методы обеспечения экономии энергоресурса судов внутреннего плавания, в основном применительно к новому флоту, приведены в табл. 1 [4].

Таблица 1

Технические методы обеспечения экономии энергии судов внутреннего плавания

Технический метод	Область внедрения	Экономия энергии	Окупаемость, лет
Дизель- электрическая установка	Новое судно	10%	10
Двухдвигательная установка типа «отец/сын»	Новое судно	10%	7…8
Трехдвигательная установка (пассажирские суда)	Новое судно	12%	6…7
Применение LNG (dual-fuel)	Новое судно	7…8%	8…9
Применение LNG	модернизация СЭУ	7…8%	12…15
Оптимизация обводов корпуса и винт в насадке	Новое судно	10%	3…4

Фактически все приведенные методы кардинального решения проблемы сведены к новому проектированию судов и соответственным увеличением капитальных вложений по отношению к базовому проекту судна.

После введения *IMO* методики оценки энергоэффективности, исследования для ВВП сфокусировались на поисках обоснования возможного конвенционального (или директивного) применения показателя энергоэффективности в виде аналогичного *IMO* индекса *EEI,* g_{CO2}/tkm, т.е. в виде удельной массы вредных выбросов, приведенных к CO_2, на единицу транспортной работы (тоннокилометр, т·км) [9].

Слабость и неустойчивость рынка внутренних водных перевозок справедливо определили специфичность рассмотрения индекса *EEI* совместно с индексом себестоимости перевозок груза *SCE* (*Specific Cost Efficiency* – удельная эффективность расходов (затрат)), €/т, как величины, связанной с основными переменными расходами судна, а именно потреблением топлива.

С 2015 г. предпринимаются попытки найти логическую взаимосвязь понятия энергоэффективного судоходства (*energy-efficient navigation*) и сокращения

вредных выбросов (*emission reduction*), рассмотренных как в отдельности, так и в их взаимосвязи, т.е возникает ситуация, которая должна привести к применению новых технологий в СЭУ в судоходстве в целом и во внутреннем судоходстве ВВП Европы в частности [6].

Принципиально все возможные методы мониторинга энергоэффективности в соответствии с Приложением VI к Конвенции МАРПОЛ, применяемые для морских судов, находящихся в эксплуатации [0], с определенными допущениями справедливы и для судов внутреннего плавания.

Вместе с тем, на ВВП Европы еще с средины 90-х годов начались серьезные исследования проблемы снижения не только CO_2, но и других вредных выбросов (CO, HC, NO_x, PM) в выпускных газах судовых двигателей, что значительно усложнило исследования в поисках рациональных технологий управления энергоэффективностью.

Основными результатами этих исследований по установлению предельных норм выбросов NO_x являются [3]:

– требования *IMO* – Технический кодекс по NO_x, приложение VI «Правила предотвращения загрязнения атмосферы с судов» к Конвенции МАРПОЛ 73/78 (рис. 1, сплошная линия);

– Глава 8А «Выбросы дизельными двигателями выхлопных газов и загрязняющих частиц» Резолюции № 61 Европейской Экономической Комиссии ООН (ЕЭК ООН);

– Глава 8А «Выбросы дизельными двигателями выхлопных газов и загрязняющих частиц» «Рекомендаций, касающихся технических предписаний для судов внутреннего плавания» Дунайской Комиссии;

– Правила Центральной Комиссии Судоходства по Рейну, базирующиеся на Директиве Европейского Союза 97/68/ЕС для двигателей недорожных транспортных средств «*Non-Road Mobile Machinery* (*NRMM*)», которыми для NO_x устанавливаются фазы I, II, III (рис. 1).

Кроме того, директивой 2004/26/ЕС установлены требования, предъявляемые к процедуре отбора проб газов, к применяемым газоанализаторам, к процедуре измерений, а также определен срок, в течении которого значения вредных выбросов должны поддерживаться ниже предельно допустимого уровня.

В июле 2016 г. объявлено, что Европейский парламент и Совет Европейского союза приняли новое предложение о пересмотре стандартов выбросов ЕС для *NRMM*, этап V. В 2019-2020 годах эти стандарты вступят в силу (табл. 2)

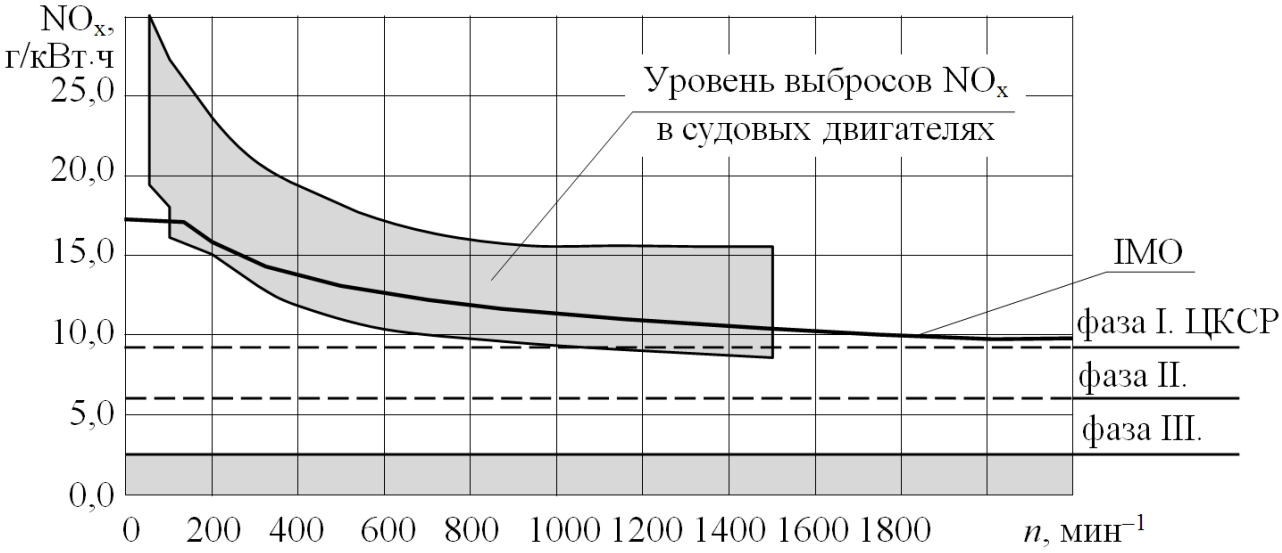


Рис. 1. Уровень выбросов NO_X в выполненных судовых ДВС в спектре рабочих частот вращения в сравнении с нормативами (данные 2010 г.)

Таблица 2

Предельные уровни выбросов судовых дизелей, этап V

Номинальная мощность $N_н$, кВт	Предельные уровни выбросов судовых дизелей			
	Окись углерода **CO,** г/кВт·ч	Углеводороды **HC,** г/кВт·ч	Окись азота **NO_X,** г/кВт·ч	Твёрдые частицы **PM,** г/кВт·ч
1	2	3	4	5
$19 \le N_н < 75$	5,0	$HC + NO_X \le 4{,}70$	0,30	0,30
$75 \le N_н < 130$	5,0	$HC + NO_X \le 5{,}40$	0,14	0,14
$130 \le N_н < 300$	3,5	1,00	2,10	0,10
$N_н \ge 300$	3,5	0,19	1,80	0,015

Очевидно, что для международного морского судоходства *IMO* реализован подход к нормированию, планированию и управлению энергоэффективностью путем применения, в то время как во внутреннем судоходстве большее внимание уделяется количественным ограничениям вредных выбросов на единицу мощности силовой установки. При этом проблема снижения общих выбросов CO_2 обременена дополнительным введением норм выбросов NO_x и твёрдых частиц PM.

Локальные ограничения и последующие конвенциональные ужесточение норм по вредным выбросам дизелей привело к тому, что все дизелестроительные фирмы, еще в 90-х годах приступили к исследовательским работам по направлениям:

– формирование малотоксичных рабочих процессов: *первичные методы*;

– разработка эффективных систем очистки выпускных газов: *вторичные* методы.

Первичные методы можно разделить на две группы:

- требующие изменения конструкции двигателя и его элементов, которые практически возможны только при разработке новых моделей;
- не требующие существенного изменения конструкции и реализация которых возможна путем модернизации двигателя и его систем.

Наиболее сложной в практической реализации как мировом морском судоходстве, так и для ВВП, оказалась проблема снижения NO_x.

Исследованиями установлено [3] два принципиальных метода уменьшения выбросов NO_x в дизелях. Первичный метод преследует цель уменьшения NO_x, образующегося в процессе собственно сгорания топлива, а вторичный метод преследует цель удаления NO_x из отработавших газов.

Считается, что оксиды азота могут образовываться только при высокой температуре в камере сгорания, порядка1800…2800 К, но за фронтом пламени и в зоне продуктов сгорания. Соответственно, все варианты *первичного метода* направлены на уменьшение максимальной температуры цикла, например, за счет раннего закрытия впускных органов (цикл Миллера – *Miller Cycle*), однако это влечет за собой и уменьшение максимального давления сгорания, а значит и уменьшение термического КПД цикла и соответственное увеличение удельного расхода топлива.

Таким образом определяется зона рационального выбора режима работы судовой силовой установки (так называемая дизельная дилемма – «*Diesel Dilemma*», рис.2) [4; 8].

Активный поиск эффективных технологий очистки выпускных газов путем применения фильтров и так называемых катализаторов топлив при понимании значимости мероприятий по снижению расходования топливных ресурсов продолжается. При этом их применение не исключается также и при работе судовой силовой установки на режимах, соответствующих зоне рационального выбора.

Примерные соотношения степени снижения выбросов окиси азота NO_x и соответственного изменения удельного эффективного расхода топлива b_e при некоторых методах, возможных к применению на судах внутреннего плавания, приведены в таблице 3.

Из всех приведенных методов наиболее перспективным с точки зрения снижения NO_x является применение на выпуске системы на базе селективных катализаторов с сажевым фильтром (SCR catalysts and DPF – diesel particulate filter). При этом качество топлива должно соответствовать требованиям Директивы 2009/30/EC с ограничением по содержанию серы 10 мг/кг (вступило в силу с 1 января 2011 г.).

Однако, эти системы являются достаточно габаритными для размерений машинных отделений судов внутреннего плавания, требуют особого техобслуживания и имеют достаточно высокую стоимость (до 15% стоимости новой СЭУ).

Для судов внутреннего плавания значительное число исследователей рекомендуют применение водотопливной эмульсии (ВТЭ) в том числе для судов в эксплуатации.

Таблица 3

Методы снижения уровней выбросов NO_x

Метод снижения выбросов	Окись азота NO_x, снижение %	Эффективный расход топлива b_e, увеличение %
Водотопливная эмульсия (ВТЭ), 20% H_2O	15%	1,4%
Водотопливная эмульсия (ВТЭ) и поздний впрыск	30%	2,9%
Прямой впрыск воды (50%)	40%	3,0%
Перепуск газов	12%	2,1%
Селективные катализаторы с сажевым фильтром (SCR + DPF)	98%	7% MDO 14% HFO

Для судов в эксплуатации уменьшение угла опережения подачи топлива приводит к снижению NO_x, но влечет за собой увеличение удельного расхода топлива в таком соотношении: 10%-ное снижение уровня NO_x этим методом вызывает 2%-ное увеличение удельного расхода топлива b_e.

Рациональным вариантом признан способ подачи воды в зону горения топлива, чем обеспечивается испарительное охлаждение наддувочного воздуха и понижение температуры сгорания: оптимальным подбором количества воды, а также угла опережения подачи топлива можно снизить концентрацию NO_x в в 1,5…2 раза по сравнению со схемой обычного впрыска топлива. Изменение параметров наддувочного воздуха, а именно уменьшение температуры и повышение давления наддува на существующих двигателях также приводит к снижению уровня NO_x, но предписываемых норм величины выбросов как правило не достигают.

В ходе исследования решены все поставленные задачи:

- определен показатель энергоэффективности для судов внутреннего плавания с учетом особенности технологии их работы и фактически выполняемой транспортной работы;
- определен механизм сопоставления количественных показателей вредных выбросов в атмосферу по составляющим;
- определен наиболее рациональный способ соотнесения показателей энергоэффективности и количества вредных выбросов в атмосферу по компонентам.

В то же время, необходимо отметить, что исполнение предписаний по ограничениям выбросов стали основной проблемой для последующей политики использования судов постройки до 2003 г. (свыше 83% действующего флота на ВВП Европы в 2017 г.).

Сложность проблемы заключается в том, что стоимость внедрения дорогостоящих технологий снижения уровней выбросов для судовых энергетических установок с небольшими мощностями или с малым остаточным ресурсом будет составлять значительную долю его общей остаточной стоимости и возможно при этом признать необходимость полной замены СЭУ. Рекомендуе-

мые в проекте «*Stage V*» предельные уровни выбросов при применении известных методов (прежде всего *SCR catalysts and DPF – diesel particulate filter*) даже для новых судов возможно будут достигаться, если будут введены специальные методы экономического стимулирования.

В настоящее время коллектив авторов уже располагает экспериментальными данными по проведенным исследованиям на судах частного акционерного общества «Украинское Дунайское пароходство» (материалы готовятся к публикации). Снижение выбросов CO_2 путем уменьшения расхода топлива для судов-толкачей толкаемых составов, возможно в различных пропорциях, при этом основной процент снижения может быть достигнут за счет рационального менеджмента: рациональным планированием рейса и оперативным управлением во время движения (переформирование состава и изменение скоростного режима) в зависимости от текущих навигационных условий.

Основные критерии при оценке эффективности принимаемых решений должны быть следующие:

– затраты на топливо в установленный жизненный цикл;
– принятый предельный уровень выбросов;
– себестоимостить модернизации или полной замены СЭУ.

Флот европейских ВВП составил в 2015 г. около 18 тыс. судов, из них «активных» судов с двигателями со средней мощностью от 190 до 3200 кВт – около 11 тыс. единиц.

Самоходные одиночные суда грузового флота составляет около 75% флота, работающего на Рейне и европейских каналах и имеет разные размерения – от средних (менее 55 м по длине) до больших: «европейское судно» ($L \times B$ = 110 м × 11,3 м), «большое европейское судно» ($L \times B$ = 135 м × 11,4 м) с относительным средним возрастом до 25 лет и ежегодным пополнением от 60 до 80 новых судов.

В тоже время, на Нижнем и Среднем Дунае около 60% процентов перевозок осуществляется большегрузными (до 15 тыс. т) составами, при этом на Дунае 27% транспортного флота – это суда с двигателями (толкачи и буксиры возрастом свыше 35 лет) и 73% – баржевый флот.

Естественно для отдельных ВВП Европы со слабым рынком, включая Дунай, встает вопрос о выборе стратегии использования флота с небольшим остаточным ресурсом при выходе на другие бассейны (на Рейн), а также применения технологий для новых судов, учитывая их значительную стоимость и уменьшения при этом соотношения cost/ benefit.

В этом случае возможно обратить внимание (как переходной период) на применение для судов внутреннего плавания биодизеля (*Biodiesel*, *Biodiesel Blend*), присадок к топливу в качестве донорно-акцепторных веществ для интенсификации его сгорания, а также на возможности специальной обработки топлива перед впрыском.

Введение и последующее ужесточение норм вредных выбросов судовых СЕУ на ВВП Европы ставит дополнительную задачу разработки методики экономико-экологической оценки эффективности производства транспортной

продукции (т·км) в сочетании с методами повышения энергоэффективности судоходства.

Учитывая реальные действия по общей интеграции ВВП Европы как транспортных коридоров в единую сеть, следует интенсифицировать исследования по разработке специальных технологий снижения норм вредных выбросов для судов в эксплуатации с учетом их остаточного ресурса жизненного цикла, что позволит обеспечить им продолжение работы на реках с режимами специального контроля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Горб, С.И. Мониторинг энергоэффективности судов [Электронный ресурс]. / С.И. Горб // Автоматизация судовых технических средств, 2015, 21: с. 48-53. - Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/asts_2015_21_11
2. Суворов, П.С. Оценка основных факторов, определяющих энергоэффективность судов внутреннего плавания [Текст] / П.С.Суворов, Т.В.Тарасенко, В.І.Залож // Автоматизация судовых технических средств: научн.-техн. сб. – Одесса: ОНМА, 2018. – Вып. 24. – С. 94 - 102. – ISSN 1819-3293.
3. Суворов, П.С. Судовые двигатели внутреннего сгорания [Текст] / П.С.Суворов. – Одесса: ОНМА, 2011. – 608 с. – ISBN 966-7591-14-1.
4. Abschlussbericht des BMVBS F&E-Vorhabens: "Erprobung von Partikelfiltern für den Einsatz in der Binnenschifffahrt" [Электронный ресурс]. – GL, 2006. – 121 p. – Режим доступа 07.10.18: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/Wasser/projektbericht_partikelfilter.pdf?__blob=publicationFile
5. Bond, T. C. Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. [Электронный ресурс] / T.C. Bond, S. J. Doherty, D. W. Fahey, P. M. Forster, T.Berntsen, B. J. DeAngelo, M. G. Flanner, S. Ghan, B. Kärcher, D. Koch, S. Kinne, Y. Kondo, P. K. Quinn, M. C. Sarofim, M. G. Schultz, M. Schulz, C. Venkataraman, H. Zhang, S. Zhang, N. Bellouin, S. K. Guttikunda, P. K. Hopke, M. Z. Jacobson, J. W. Kaiser, Z. Klimont, U. Lohmann, J. P. Schwarz, D. Shindell, T. Storelvmo, S. G. Warren, and C. S. Zender. // JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH: ATMOSPHERES, VOL. 118, doi:10.1002/jgrd.50171, 2013. – p. 5380–5552 – Режим доступа 07.10.18: https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/jgrd.50171
6. Bond, T. C. Greenhouse gas emissions from global shipping, 2013–2015 [Электронный ресурс] / Naya Olmer, Bryan Comer, Biswajoy Roy, Xiaoli Mao, And Dan Rutherford. – International Council on Clean Transportation, 2017. – 38 p. – Режим доступа 07.10.18: https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/Global-shipping-GHG-emissions-2013-2015_ICCT-Report_17102017_vF.pdf
7. Environmentally friendly inland waterway ship design for the Danube River [Электронный ресурс] / World Wide Fund For Nature International. Danube-Carpathian Programme (WWF-DCP); рук. Dejan Radojcic. – Project №: 9E0726.04. – Republic of Serbia, 2009. – 121 с. – Библиогр. с. 95-98. – Режим доступа 07.10.18:

http://assets.panda.org/downloads/iww_danube_ship_design___final___december_2009.pdf
8. Jose, E. Exhaust Gas Recirculation in CI Engines [Электронный ресурс]. / Edwin Jose, Muhammed Muhais A., V. Ravikumar // International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET). Vol. 3 Issue III doi:10.22214/ijraset, 2015. – p. 763-767. – Режим доступа 07.10.18: https://www.ijraset.com/fileserve.php?FID=1930
9. Möglichkeiten zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der Treibhausgasemissionen in der Binnenschifffahrt [Электронный ресурс]. – Zentralkommission für die Rheinschifffahrt, 2012. – 99 p. – Режим доступа 07.10.18: https://www.ccr-zkr.org/files/documents/rapports/Thg_ber_de.pdf
10. Second IMO GHG Study 2009 [Электронный ресурс]. – IMO, 2009. – 240 p. – Режим доступа 07.10.18:
http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/SecondIMOGHGStudy2009.pdf
11. Third IMO GHG Study 2014 [Электронный ресурс]. – IMO, 2014. – 331 p. – Режим доступа 07.10.18:
http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf

УДК 629.123.004

Небеснов В.В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Підвищення працездатності підшипників ковзання

Основною тенденцією розвитку конструкцій дизельних двигунів є підвищення питомої потужності за рахунок форсування по середньому ефективному тиску і частоті обертання колінчастого вала.

Реалізація цієї тенденції в конкретних конструкціях двигунів неминуче призводить до підвищення механічних і термічних навантажень на деталі і вузли і в тому числі на підшипники колінчастого вала. Крім того, вимоги підвищення економічності двигунів, умови їх роботи в різних кліматичних умовах і ін. чинники, а також специфічні вимоги споживачів призводять до збільшення температури мастила, а, отже, температури підшипника і відповідно зниження мінімальної товщини мастильної плівки в підшипнику. При цьому збільшуються періоди роботи підшипників в умовах порушення режимів гідродинамічного тертя.

У цих умовах, роль антифрикційних матеріалів в питанні забезпечення заданих показників надійності і довговічності підшипникових вузлів і двигунів в цілому, різко зростає.

Однак, в перерахованих вимогах, пропонованих до цих матеріалів, є взаємовиключні. Так, наприклад, збільшення міцності і зносостійкості матері-

алу безпосередньо пов'язане з підвищенням його твердості, а це веде до погіршення антифрикційних властивостей, здатності припрацьовуватися і утримувати сторонні частки без пошкодження шийки вала.

Для забезпечення всіх цих (часто взаємовиключних) вимог був створений триметалевий підшипник, що складається з сталевого корпусу, шару антифрикційного сплаву (бронзи або алюмінію) і тонкого (0,02 ... 0,04 мм) припрацьовувального покриття свинець-олово-мідь з бар'єрним шаром нікелю . Цей тип вкладиша найбільш поширений в сучасних форсованих дизельних двигунах і випускається всіма провідними виробниками підшипників.

Саме тонке припрацьовувальне покриття в сучасних підшипниках сприяє забезпеченню всіх взаємовиключних вимог до них. Однак його можливості в даний час практично вичерпані в застосуванні до розроблюваних перспективним форсованим конструкціям двигунів. Причинами цього є:

- Недостатня втомна міцність свинцевого сплаву в умовах постійно зростаючих змінних навантажень.
- Різке зниження твердості (міцності) сплаву з підвищенням температури.
- Заборона на використання свинцових сплавів, в першу чергу в країнах Європи.
- Необхідність використання складних дорогих очисних споруд при гальванічних процесах.

Тому багато провідних спеціалізованих фірм-виробників підшипників розробляють конструкції з новими типами покриттів для дизелів високого ступеня форсування.

Основою таких покриттів є сплав алюмінію з 20% олова, що наноситься так званим методом PVD (Physical Vapor Deposition), що відповідає процесу вакуумного іонно-плазмового напилення. Схема такого підшипника приведена на рис.1.

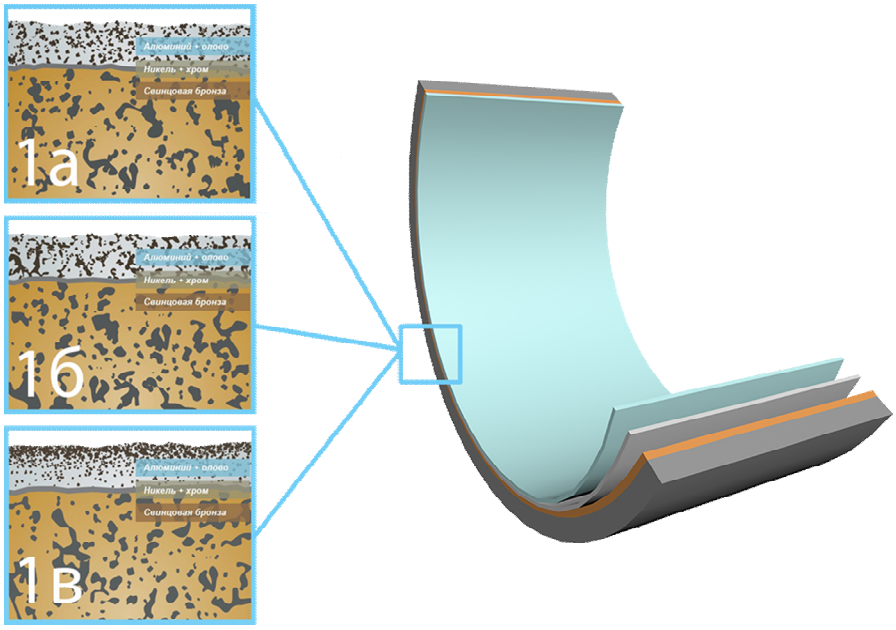


Рис. 1. Схема підшипника з новим типом покриття PVD (Physical Vapor Deposition) для дизелів високого ступеня форсування

Нанесення на вкладиші покриття алюмінію з оловом.

Вперше нанесення на сталево-бронзові вкладиші покриття алюмінію з оловом застосувала фірма Glyco (в даний час Federal Mogul, Wiesbaden), Німеччина. Мікроструктура шару покриття, названого фірмою «Sputter», і, яка характеризується рівномірним розподілом часток олова в алюмінії, представлена на рис. 1а. Для поліпшення адгезії такого покриття з бронзою, воно наноситься через прошарок сплаву нікелю з хромом.

Для отримання покриття аналогічного складу і властивостей австрійська фірма Miba розробила свою технологію його одержання на основі того ж фізичного методу PVD. Типовий зразок мікроструктури такого покриття, з рівномірним розподілом олов'яних часток у вигляді більших дендрідів в алюмінію представлений на рис. 1б.

Покриття витримує питомі навантаження, які перевищують 100 МПа, і значно збільшує ресурс підшипника. Однак висока твердість сплаву (HV 90-110) погіршує антифрикційні властивості підшипника і робить його більш чутливим до різних порушень при виготовленні, ремонті та експлуатації.

Фірма «Технокомплекс» розробила технологію вакуумного іонно-плазмового напилення (PVD-ТК) для нанесення на бронзовий шар комплексного покриття алюміній-олово з перемінним вмістом олова. В такому покритті основний шар відповідає сплаву алюмінію з 20% олова, а до поверхні зміст олова збільшується для поліпшення антифрикційних властивостей, якості припрацьовування , здатності до запрессовування сторонніх часток і т.д. Це дозволяє усунути вищезазначені протиріччя між міцністю і антифрикційними якостями покриттів вкладишів і створити підшипник нового типу, здатний працювати в двигунах практично всіх типів. Крім того, комбінації і поєднання матеріалів в шарі можуть бути різними для забезпечення найкращих показників надійності і ресурсу роботи конкретних двигунів. Мікроструктура такого покриття наведена на рис. 1в.

Важливою позитивною якістю процесу вакуумного іонно-плазмового напилення також є його екологічна безпека в порівнянні з гальванічним процесом.

В даний час фірмою ведуться роботи по поширенню даної технології, зменшення витрат на її впровадження та зниження вартості продукції, що випускається на її основі.

Випробування матеріалів для виготовлення підшипників

Тиски, що виникають під час стиснення переносяться через шатун безпосередньо до поверхні втулки шатуна і рамовим підшипникам.

Для більш високих характеристик двигуна потрібні сучасні матеріали зі значно підвищеною втомної міцністю, більш низькі показники зносу в області змішаного тертя і гарну корозійну стійкість при високих температурах, зокрема для мотильових підшипників.

Вкладиші з напиленням використовуються в місцях найвищих напружень. На мотильових підшипниках, наприклад, це верхній вкладиш (найближчий до

шатуна), а рамовий - нижній вкладиш. Через високі вимоги для підшипників при номінальному (а тим більше при дво- або триразовому номінальному) навантаженні стає неможливим використовувати такі матеріали для підшипників як бабіт або сплави на основі алюмінію. Підшипники повинні витримувати 30-50 МПа при номінальному навантаженні в великих дизелях і навіть при 60-90 МПа в двигунах з меншим діаметром циліндра.

Через високе стаціонарне навантаження м'які елементи, такі як олово в литих сплавах, будуть просто видавлюватися. Сплави з м'якими фазами можуть "повзти" під навантаженням і температурою з плином часу.

Компанією "Miba" виконані специфічні випробування матеріалів, в результаті яких виявилося ефективним використання однорідного сплаву AlSn для підвищення зносостійкості підшипників (рис.2).

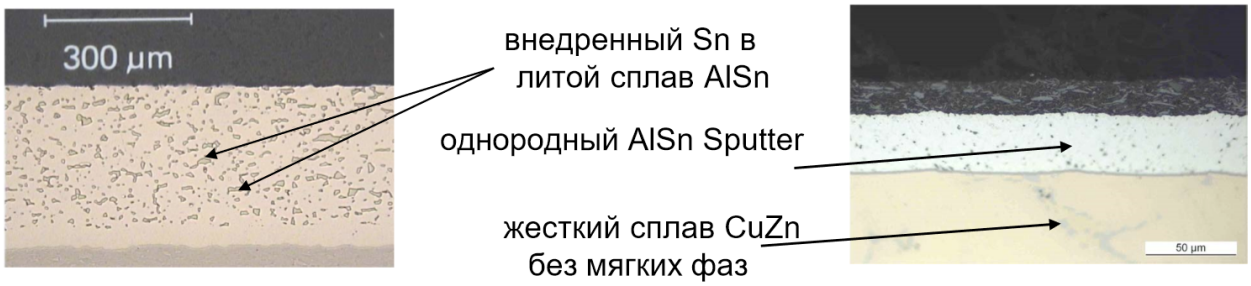


Рис. 2. Антифрикційний шар підшипників на основі сплавів AlSn і CuZn

Аналіз ефективності використання технології "Sputter"

На третій Міжнародній Конференції по технології машинобудування були представлені результати випробувань підшипників, вдосконалених технологією "Sputter".

Технологія напилення "Sputter" перевершує раніше широко використовувану у виготовленні підшипників технологію "Synthec", це показано на рис. 3 за результатами випробування компанії "Miba", яка є світовим лідером у виготовленні підшипників.

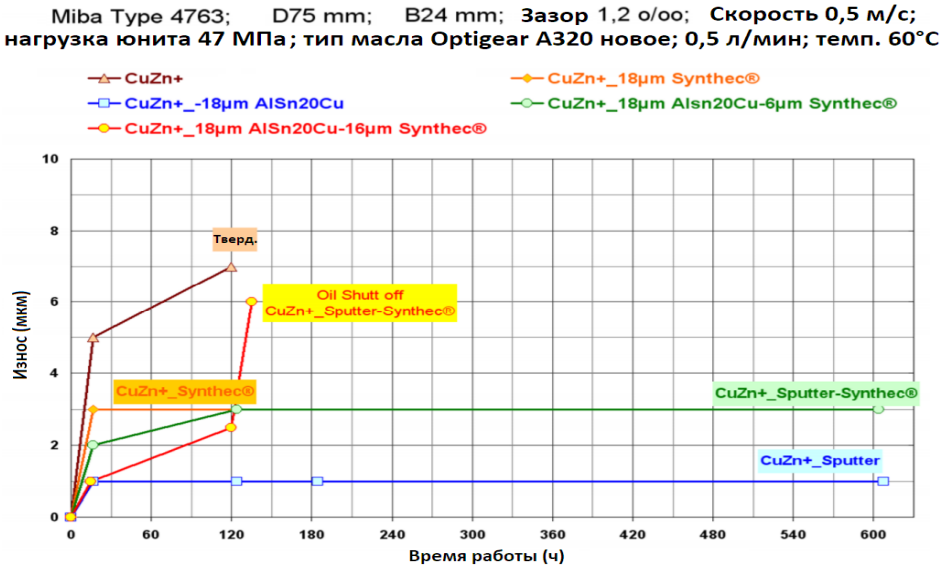


Рис. 3. Результати випробувань підшипників з різними технологіями покриття

Висновки

Підшипники, виготовлені з використанням технології "Sputter", перевершуючи використану раніше технологію "Synthec", дають наступні переваги:

- - Міцність і здатність витримувати знакозмінні механічні навантаження
- - Хороші антифрикційні властивості
- - Висока зносостійкість
- - Здатність утримувати сторонні частки, що знаходяться в мастилі, без пошкодження шийки колінчастого вала
- - Висока корозійна стійкість
- - Здатність добре припрацьовуватися і компенсувати неточності виготовлення, збірки і результати зносу поверхонь підшипника в експлуатації
- - Можливість працювати в умовах короткочасних порушень режимів рідинного тертя і т.п.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. http://technocompleks.ru/?page_id=11
2. http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.473.7242&rep=rep1&type=pdf
3. https://cdn2.ms-motorservice.com/fileadmin/media/MAM/PDF_Assets/Sputter-Bearings-The-pressure-rises_52036.pdf
4. https://patents.google.com/patent/CN101215686B/en?q=miba&q=sputter&oq=miba+sputter

УДК 621.431.74

Богач В.М., Єлісєєв І.М.

Національний університет «Одеська морська академія»

Особливості експериментальних досліджень лубрикаторних систем в експлуатаційних умовах

Зародження й розвиток процесу витікання мастила в циліндри ДВЗ відбувається переважно в ті періоди, коли біля мастильних отворів переміщується пояс компресійних кілець, організовуючи імпульсне падіння (при стисканні) і наростання (при розширенні) тиску газів, що діють на канали зі сторони циліндра. Неприступність до вивчення процесів витікання мастила в циліндри суднових двигунві, а також значне різноманіття їх конструкцій і умов роботи вимагає спеціальних засобів, що дозволяють задавати умови іспиту систем, близькі до реальних.

Виходячи з цього, для експериментальних досліджень використовують спеціальну дослідну установку, що має широкі функціональні можливості, які дозволяють випробовувати практично будь-які системи мащення в експлуатаційних умовах, безпосередньо на двигуні [1,3].

Для прикладу, експериментальні дослідження роботи системи мащення при подачі мастила системою "Пульс" в експлуатаційних умовах здійснювались за допомогою спеціального пристрою (рис.1). Сутність цього пристрою пояснюється схемою, наведеною на рис.2. Між мастильним штуцером 1 і циліндром 2 двигуна встановлена камера 3 із прозорими вікнами, що дозволяє вести візуальні спостереження за процесом витікання мастила [2].

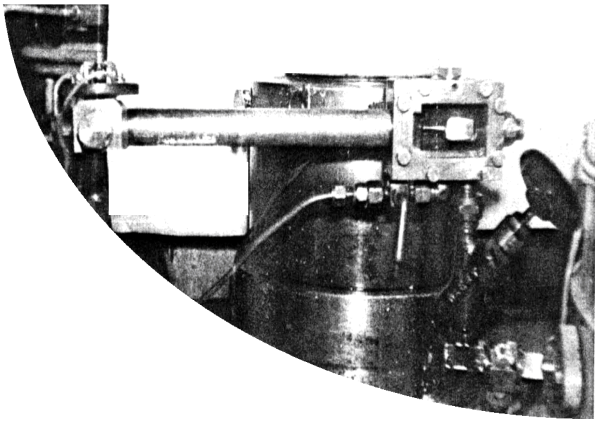


Рис.1.Пристрій для випробування системи мащення в експлуатаційних умовах

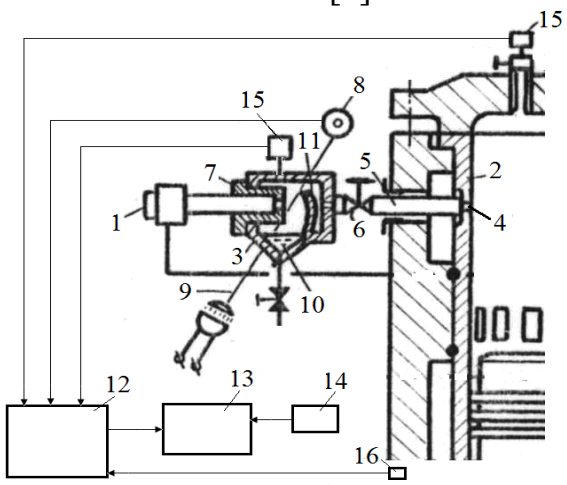


Рис.2 Схема експериментальної установки системи мащення в експлуатації

Для забезпечення в камері такого ж тиску, який виникає в мастильних каналах 4 стінки втулки циліндра, внутрішній обсяг її обраний з умови $V_k = V_c / n$ і з'єднано із циліндром газовідводом 5, вхід у який зсередини циліндра розташований на одному рівні з мастильними отворами. Тут V_k - обсяг камери; V_c - сумарний обсяг просторів між компресійними кільцями, обмежений дзеркалом циліндра й бічною поверхнею головки поршня; n - число мастильних отворів, розташованих на одному рівні з газовідводом 5. Для відключення камери передбачено клапан 6.

Для візуального спостереження за скороминучими процесами мастилоподачі, у загальну схему дослідної установки включена швидкісна кінокамера. Реєстрація сигналів від різних датчиків (переміщення, тиску, часу, оцінок мертвих точок, витрати мастила й ін.), здійснюється комплектом апаратури, що включає в себе підсилювач із блоком живлення, магазин опорів, шлейфовий осцилограф, лічильник числа обертів і ін., усе те, що необхідно відповідно до завдань досліджень.

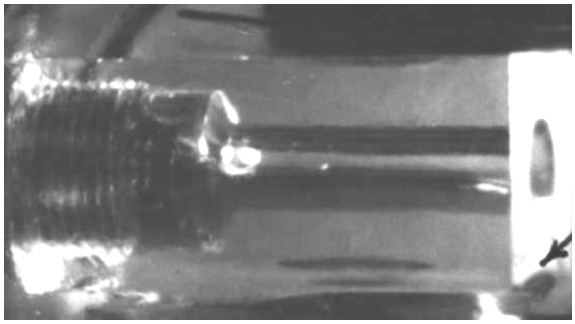
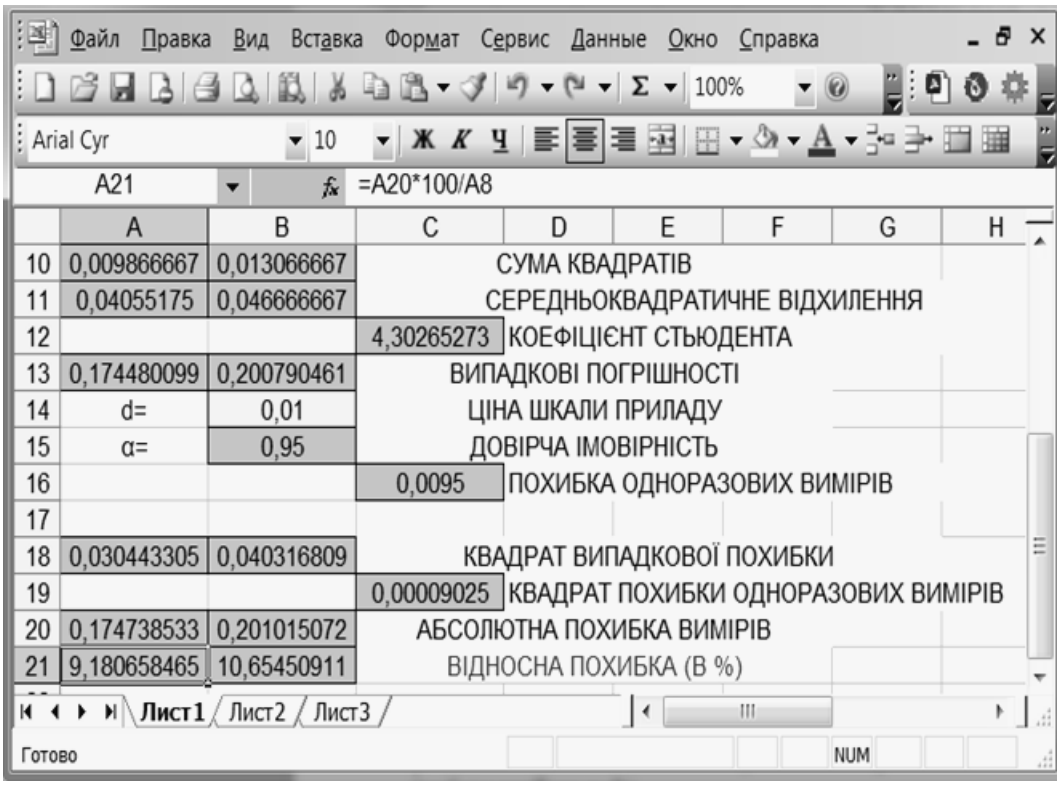


Рис.3. Прозора модель мастильного каналу

Для більшого наближення до розкриття сутності процесів, що відбуваються всередині каналів, ділянка каналу, що прилягає безпосередньо до дзеркала циліндра, виконується прозорою (рис.3) і розміщується у камері стенда так, що рух мастила в прозорій ділянці й за його межами становить єдину ланку фаз процесу, що знімається кінокамерою.

Вікна камери й використання прозорих ділянок нагнітального тракту дозволяють вести візуальні спостереження за скороминучими процесами, що відбуваються всередині каналу й визначати характеристики руху мастила за його межами.



	A	B	C	D	E	F	G	H
10	0,009866667	0,013066667	СУМА КВАДРАТІВ					
11	0,04055175	0,046666667	СЕРЕДНЬОКВАДРАТИЧНЕ ВІДХИЛЕННЯ					
12			4,30265273	КОЕФІЦІЄНТ СТЬЮДЕНТА				
13	0,174480099	0,200790461	ВИПАДКОВІ ПОГРІШНОСТІ					
14	d=	0,01	ЦІНА ШКАЛИ ПРИЛАДУ					
15	α=	0,95	ДОВІРЧА ІМОВІРНІСТЬ					
16			0,0095	ПОХИБКА ОДНОРАЗОВИХ ВИМІРІВ				
17								
18	0,030443305	0,040316809	КВАДРАТ ВИПАДКОВОЇ ПОХИБКИ					
19			0,00009025	КВАДРАТ ПОХИБКИ ОДНОРАЗОВИХ ВИМІРІВ				
20	0,174738533	0,201015072	АБСОЛЮТНА ПОХИБКА ВИМІРІВ					
21	9,180658465	10,65450911	ВІДНОСНА ПОХИБКА (В %)					

Рис.4. Розрахунок погрішності серії багаторазових вимірів

У камеру встановлювався штуцер 1 аналогічний штатному, на який зсередини камери кріпилася прозора модель мастилопідводящого каналу з необхідною геометрією. Мастило за допомогою трубопроводів і вентилів направлялося або в штуцер двигуна, для забезпечення роботи каналу мащення або в штуцер камери. При проведені експериментальних досліджень використовувались датчики для реєстрації: тиску газів, що діє в область зрізу мастильного каналу – $Р_Г$; ходу плунжера лубрикатора – $Х_П$; ходу клапана штуцера – $Х_{КЛ}$; відмітки верхньої мертвої точки - ВМТ; регістрації часу - Т; момента виходу мастила з каналу – $М_В$.

Розрахунки погрішності експериментів виконано у середовищі MS EXCEL. Приклад визначення тиску газів у камері іспитової установки $P_{Г1}$, $P_{Г2}$ (до й після експерименту відповідно) приведено на рис.4.

Запропонована методика дозволяє проводити дослідження систем мащення суднових дизелів у широкому діапазоні їх роботи в експлуатаційних умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Богач В.М. Эксплуатационная проверка эффективности модернизированной системы смазывания цилиндров двигателей RTA/ В.М. Богач, А.Н. Шебанов // Судовые енергетические установки: науч.-техн.сб. – 2016.- Вып. 36 - Одесса: ОНМА. - С.37-45.

2. Шебанов А.Н. Исследование процесса маслоподачи двухрядной лубрикаторной системой с аккумулированием давления масла / А.Н. Шебанов, В.М. Богач // Судовые енергетические установки: науч.-техн.сб. – 2013.- Вып. 31 - Одесса: ОНМА. - С.122-132.
3. Богач В.М. Исследование работы лубрикаторной системы в эксплуатационных условиях [Текст] / В.М. Богач, В.А. Бузовский, А.Н. Шебанов // Судовые енергетические установки: науч.-техн.сб.-2009.-№ 24.-Одесса: ОНМА. - С. 52-59.

УДК 629.12.565.3

Журавльов Ю.І.
Національний університет «Одеська морська академія»

Прогнозування довговічності колінчастих валів суднових середнеоборотних дизелів (СОД)

Навантаження на колінчастий вал поршневого двигуна в умовах експлуатації, як правило, носить випадковий характер, так як більшу частину часу двигуни експлуатуються на несталих режимах. Крім того, характеристики опору втоми матеріалів, з яких виготовляються колінчасті вали, також є випадковими величинами. Тому трактування умов міцності повинно грунтуватися на імовірнісних уявленнях [1].

Більшість конструктивних елементів судна працює в умовах циклового навантаження, що створює сприятливі умови для розвитку ітомних тріщин.

Аналіз результатів руйнування колінчастих валів в умовах експлуатації свідчить, що найбільша їх кількість відбувається по щоці із зародженням втомної тріщини в галтелі сполучення шатунной шийки і щоки в площині кривошипа. Основною причиною таких поломок є висока концентрація напружень в галтелях.

На рис. 1 показаний злам валу. Видно, що злам типовий для втомного руйнування і має фокуси зламу (1-3) - осередки зародження тріщин, зону зламу (4), ділянка прискореного розвитку тріщини і зони доломіт (5).

Весь процес розвитку втомного руйнування не може бути описаний одним критеріальним рівнянням. Більшість існуючих критеріїв базуються на залежностях теорії лінійної механіки руйнування, яка не може бути застосована до опису кінетики росту малих тріщин [4-6]. Закони лінійної механіки руйнування справедливі тільки для лінійної ділянки (ділянка III, рис. 2) S-подібної кривої швидкості росту тріщини.

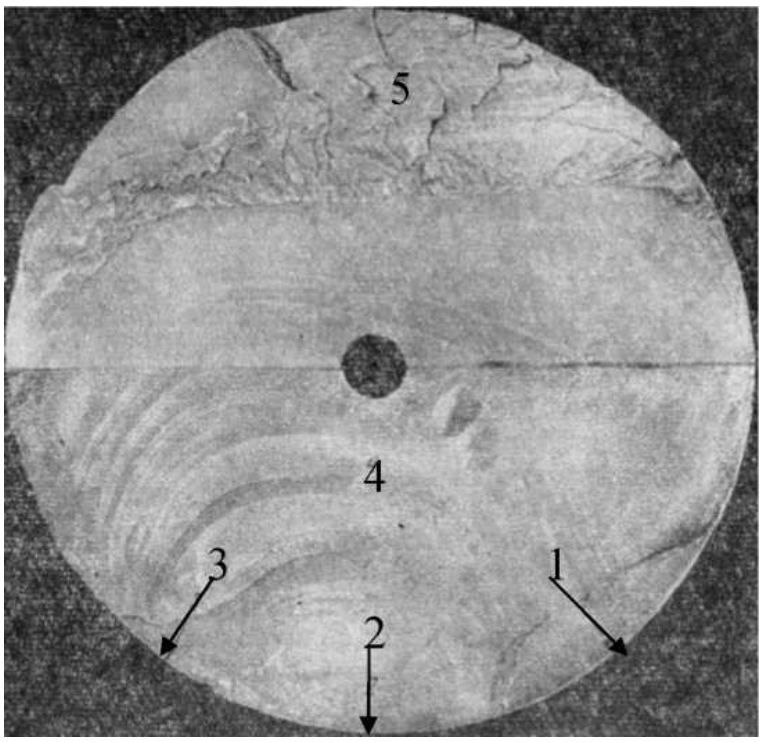


Рис.1 Злам вала

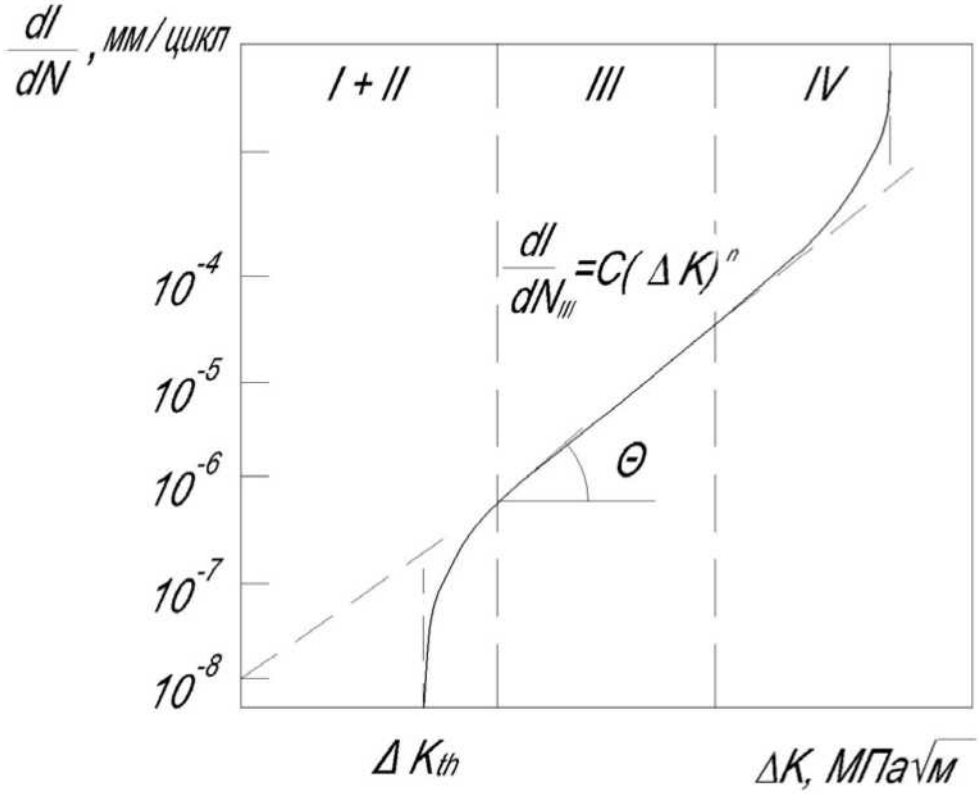


Рис.2. Крива швидкості росту тріщини (S-образна діаграма).

Зростання тріщини є стадійним процесом, однак поділ цього процеса на стадії різний. Одним з таких варіантів є наступний [7]:

- перший етап - число циклів навантаження, яким піддається елемент конструкції, аж до виникнення в ньому малої тріщини, здатної розвиватися;

- другий етап - число циклів навантаження, протягом яких виникли малі тріщини розвиваються аж до появи макротріщини;

- третій етап - число циклів навантаження, протягом яких відбувається розвиток макротріщин аж до руйнування конструктивних елементів.

Весь процес втомного руйнування вуглецевих сталей можна розподілити на кілька стадій:

Np = Nj + Nn + NJJJ + Njy, (1)

де Np - загальна довговічність елемента конструкції; Nj - кількість циклів, відповідне зародженню мікротріщин і їх зростання в межах одного зерна мікроструктури; Njj - число циклів, відповідне розвитку тріщини від розмірів, відповідних діаметру зерна, до появи макротріщини; Njjj - число циклів, відповідне розвитку макротріщини; Njy - число циклів, відповідне процесу доломіт.

Перша стадія втомного руйнування пов'язана із зародженням мікротріщини і її зростанням в межах одного зерна мікроструктури матеріалу, в даному випадку мова йде про мікротріщині порядку одного - двох десятків мікрометрів, і для кожного конкретного матеріалу буде визначатися середнім діаметром зерна мікроструктури.

Друга стадія - стадія розвитку малої тріщини, як показує практика [5,8], саме на другу стадію втомного руйнування припадає близько 40 - 60% загальної довговічності, а для деяких матеріалів ця цифра може доходити до 80 - 90% [2]. При цьому спостерігаються стрибкоподібне зміна швидкості тріщин, що пов'язано з впливом бар'єрів мікроструктури на зростання тріщин. Розміри тріщин на другій стадії досягають близько 0,5 - 1 мм, що відповідає можливості виявлення за допомогою кольорової або магнітної дефектоскопії.

Третя стадія пов'язана з процесом розвитку макротріщини, тобто тріщини, на зростання якої не впливають мікроструктурні бар'єри, і описується рівняннями лінійної механіки руйнування. Тріщини на даній стадії, як правило, видимі неозброєним поглядом і можуть мати різні розміри, залежно від габаритів і геометричних параметрів досліджуваного конструктивного елементу.

Четверта стадія пов'язана з процесом усталостного доломіт конструктивного елементу, дана стадія може протікати дуже швидко, практично миттєво. Можливо відсутність четвертої стадії для деяких матеріалів або конструктивних елементів з певними геометричними параметрами і режимами експлуатаційних навантажень, при цьому характерна відсутність другої вертикальної ділянки на кривій швидкості росту тріщини (рис. 1).

Таким чином, можна відзначити, що для ряду відповідальних деталей і конструктивних елементів (таких як колінчасті вали) морських суден, експлуатація яких з наявністю тріщин забороняється відповідно до вимог морського регістра судноплавства, найбільш актуальним є питання визначення тривалості протікання першої та другої стадій, а не питання прогнозування загальної довговічності елемента. Тому для питання забезпечення безпеки роботи морських суден особливо важливим є вивчення процесу зародження і зростання саме малих тріщин. Наявність в колінчастому валі макротріщини, зростання якої описується за допомогою лінійної механікою руйнування, дозволяє зробити висновок, про необхідність термінової заміни такого валу.

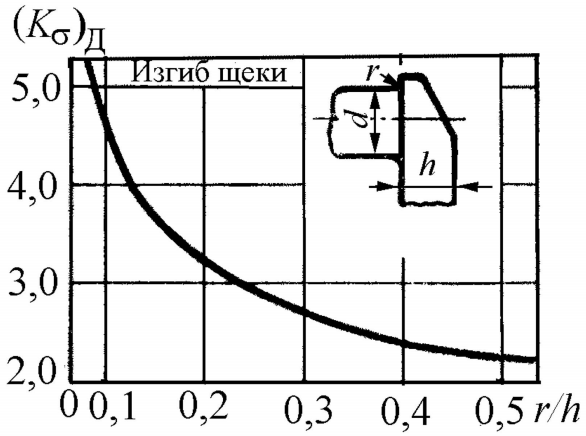


Рис. 3. Ефективні коефіцієнти концентрації напружень для колінчастих валів при вигині щоки з урахуванням впливу абсолютних розмірів перерізу

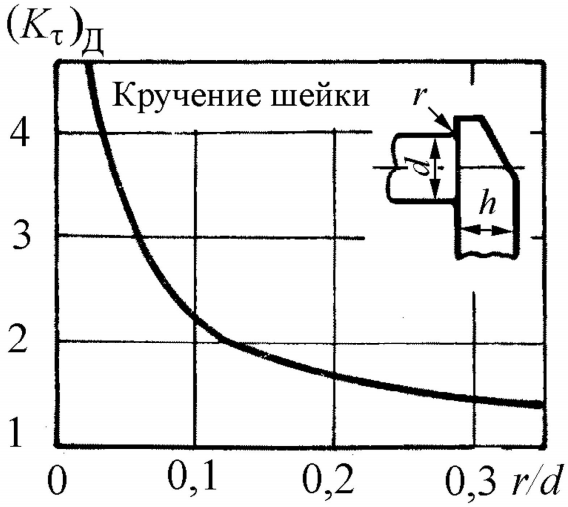


Рис. 4. Ефективні коефіцієнти концентрації напружень для колінчастих валів при крученні шийки з урахуванням впливу абсолютних розмірів перерізу

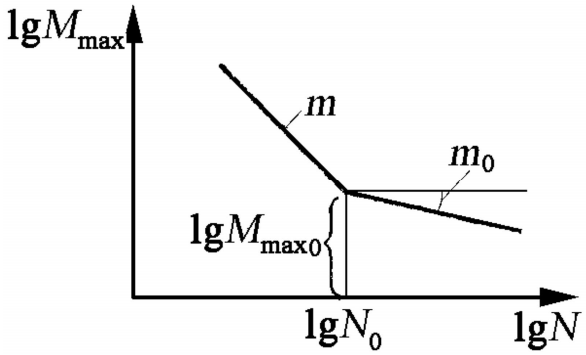


Рис. 5. Крива витривалості в логарифмічних координатах

Необхідно врахувати, що зародження тріщини в галтелях в перерізі переходу від шатунной шийки до щоки виникають максимальні напруги не тільки при вигині, а й при крученні. На рис. 3 і 4 наведені графіки ефективних коефіцієнтів концентрації напружень при згині і крученні з урахуванням впливу абсолютних розмірів перетину $(K_\sigma)_Д = K_\sigma / \varepsilon_\sigma$ і $(K_\tau)_Д = K_\tau / \varepsilon_\tau$ в залежності від ставлення радіуса галтелі до товщини щоки h або діаметру шийки d. Тут K_σ і K_τ - ефективні коефіцієнти концентрації напружень при згині і крученні; ε_σ і ε_τ - коефіцієнти впливу абсолютних розмірів також при вигині і крученні.

Для розрахунку коефіцієнтів запропоновані моделі [3]:
$(K_\sigma)_Д = 1,6878 \cdot [(r/h) - 0,05338]^{-0,3333}$ і $(K_\tau)_Д = 0,4599 \cdot 3,1207^{(r/d)} (r/d)^{-0,6487}$.

Поломки при крученні часто починаються з тріщин, що виникають в зоні отвору для змащення шийки вала або в зоні галтелів через крутильних коливань. У цих випадках руйнування проходить по перетину шийки.

Втомна довговічність колінчастого вала вимірюється кількістю циклів навантаження до появи тріщини певного розміру або повного руйнування. Поломки в умовах експлуатації відбуваються, в основному від дії циклічного змінного згинального моменту.

При навантаженні кожного кривошипа чистим вигином в його площині з моментом $M_{iзг}$ руйнування має відбутися по перетину найменшої жорсткості - від галтелі сполучення шатунной шийки з щокою з виходом на жолобник сполучення корінний шийки і щоки.

Для одержання кривої витривалості в логарифмічних координатах $\lg N - \lg M_{max}$ (рис. 5) (N - число циклів навантаження до руйнування колінчастого вала; M_{max} - максимальне значення згинального моменту, він же дорівнює амплітудному значенням, так як вигин відбувається по симетричному циклу) необхідно провести випробування колінчастого вала не менше ніж на трьох рівнях навантаження, що дозволить визначити значення M_{max0} в точці перелому втомної кривої при числі циклів $N_0 = 10^6 ... 10^7$. В даному випадку в якості детермінованою моделі втомної довговічності для колінчастого вала приймається залежність [1]:

$$M_{max\,i}^m \bar{N}_i = C, \quad (1)$$

де $M_{max\,i}^m$ - амплітуда або максимальний згинальний момент при дії перемінних напруг; $\bar{N}_i$ - середнє число циклів до руйнування; C і m - параметри елемента конструкції, що залежать від матеріалу, технології виготовлення і ряду інших чинників.

За даними експериментальних досліджень [2, 3] для колінчастого вала, виготовленого зі сталі 45Х, дизеля Д-144 значення m = 5,93 і C = 6,14 • 1016.

Для визначення ресурсу колінчастого вала в годинах припустимо, що за час t_i роботи двигуна в умовах експлуатації на одному з режимів, що характеризується величиною крутного моменту M_{maxi} і кутовий швидкістю обертання валу ωі протягом всього терміну служби (до руйнування) Т, на нього буде вироблено n_i циклів навантаження, яке для чотиритактних двигунів дорівнює:

$$n_i = \frac{30\omega_i}{2\pi} 60 t_i = \frac{900\omega_i}{\pi} f_i T, \quad (2)$$

де f_i - щільність ймовірності роботи на даному режимі.

З рівняння (1) кривих витривалості колінчастого вала визначаємо кількість циклів навантаження, необхідне для його руйнування, з рівності $M_{max\,i}^m N_i = M_{max\,0}^m N_0$;

$$N_i = \left(\frac{M_{max0}}{M_{max\,i}} \right)^m N_0, \quad (3)$$

де M_{maxi} - амплітуда максимального згинального моменту при і-му режимі навантаження.

Таким чином, за час t_i колінчастим валом буде накопичена певна міра пошкодження:

$$\frac{n_i}{N_i} = \frac{900\omega_i f_i T}{\pi\left(\frac{M_{max0}}{M_{max i}}\right)^m \cdot N_0}. \quad (4)$$

Згідно коригованої лінійної гіпотези накопичення втомних пошкоджень, руйнування валу відбудеться тоді, коли сума накопичених пошкоджень буде дорівнює:

$$\sum_{i=1}^{i=k} \frac{n_i}{N_i} = \frac{900T}{\pi N_0} \sum_{i=1}^{i=k} \omega_i f_i \left(\frac{M_{max i}}{M_{max 0}}\right)^m = a_p, \quad (5)$$

де k - режими роботи двигуна в умовах експлуатації.

Слідуючи [7, 8] і враховуючи, що напруги замінені граничними изгибающими моментами, величина a_p при стендових прискорених випробуваннях [1] визначається також по формулі

$$a_p = \frac{\varsigma M_{max i} - 0{,}5 M_{max 0}}{M_{max i} - 0{,}5 M_{max 0}}; \quad (6)$$

$$\varsigma = \sum \frac{M_{max i}}{M_{max0}} \cdot \frac{\nu_{ai}}{\nu_m} \quad (7)$$

($M_{maxi} > 0{,}5M_{max0}$),

де $\nu_m = \sum_{i=1}^{i=k} \nu_{ai}$ - загальне число циклів навантаження; ν_{ai}.- число циклів повторення амплітуд M_{maxi} в блоці навантаження.

При використанні обмеженої межі витривалості слід вважати:

$$a_p = \varsigma = \sum \frac{M_{max i}}{M_{max0}} \cdot \frac{\nu_{ai}}{\nu_m}, \quad (8)$$

де підсумовування поширюється по всім амплітудам навантаження без відкидання малих амплітуд.

Згідно лінійної гіпотези накопичення втомних пошкоджень, руйнування колінчастого вала станеться тоді, коли $a_p = 1$.

З виразу (4) може бути знайдена довговічність колінчастого вала за умовою усталостного опору:

$$T = \frac{\pi N_0 a_p}{900 \sum_{i=1}^{i=k} \omega_i f_i \left(\frac{M_{max i}}{M_{max0}}\right)^m}. \quad (9)$$

Отже, для прогнозування довговічності колінчастого вала необхідно мати інформацію про межі втомної міцності M_{max0}, ймовірносно-статистичної завантаженості f_i двигунів в умовах експлуатації, а також навантаженнями M_{maxi} на колінчастий вал.

Залежність між рівнем максимального згинального моменту M_{maxi} і числом циклів навантаження N_i до руйнування навіть при самому суворому дотриманні ідентичності випробувань колінчастих валів на втомну міцність в силу

неоднорідності самого матеріалу має яскраво виражений випадковий характер. Щоб врахувати цю обставину, треба покласти, що параметри кривої втоми - випадкові величини, що підкоряються деяким статистичним розподілом. У зв'язку з цим довговічність колінчастого вала буде визначатися виразом

$$T = \bar{T}\chi^{m},$$

де $\bar{T}$- середня довговічність колінчастого вала, що обчислюється за формулою (9); χ - випадковий параметр, щільність розподілу якого має вигляд:

$$f(\chi) = \frac{1}{v(1-\varepsilon)}\left(\frac{\chi-\varepsilon}{1-\varepsilon}\right)^{1/v}\exp\left[-\left(\frac{\chi-\varepsilon}{1-\varepsilon}\right)^{1/v}\right],$$

де v - коефіцієнт варіації; ε = 0,6 - частка від середнього межі втоми M_{max0}, нижче якого не відбувається накопичення втомних пошкоджень.

З урахуванням зазначених факторів ймовірність відмови колінчастого вала через втомного руйнування за час роботи T визначається з виразу

$$F(T) = 1-\exp\left\{-\left[\frac{(T/\bar{T})-\varepsilon}{1-\varepsilon}\right]\right\}. \qquad (10)$$

Розроблена методика прогнозування довговічності колінчастого вала передбачає виконання наступних етапів робіт: експериментально визначається межа витривалості колінчастого вала M_{max0}, а за даними обробки умов навантаженості колінчастого вала в експлуатації - величин M_{maxi} і число блоків навантаження; за формулою (9) обчислюється середня довговічність; за формулою (10) при заданому ресурсі T знаходиться ймовірність відмови колінчастого вала через втомного руйнування.

Висновки

Для підвищення відмовостійкості підшипників ковзання колінчастих валів СОД і зниження ймовірності аварій двигуна через задирів шийок необхідно формувати на їх поверхнях металокерамічні покриття, які дозволяють істотно зменшити параметри шорсткості і коефіцієнта тертя, і як наслідок - до зниження енергетичного рівня контактного взаємодії поверхонь, що труться, і величини зносу трибосполучень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Леонтьєв Л. Б., Токлікішвілі А. Г. Дослідження причин відмов колінчастих валів суднових середньооборотних дизелів // Збірник наукових праць SWorld. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Перспективні інновації в науці, освіті, виробництві і транспорті '2012». - Випуск 2. Том 2. - Одеса: КУПРІЄНКО, 2012. С. 37-39.

2. Леонтьєв Л. Б., Юзов А.Д. Підшипники колінчастих валів суднових дизелів. - Владивосток: ДВГМА, 2000. - 173 с.

3. Кіча, Г.П. Ресурсозберігаюче маслоіспользованіе в суднових дизелях / Г.П. Кіча, Б.Н. Пермінов, А.В. Надьожкін. - Владивосток: Мор. держ. ун-т, 2011. - 372 с.

4. Захаров С.М., Нікітін А.П., Загорянский Ю.А. Підшипники колінчастих валів тепловозних дизелів. - М .: Транспорт, 1981. - 181 с.

5. Яхьяев Н.Я. Прогнозування працездатності суднових двигунів внутрішнього згоряння по зносу деталей у вузлах тертя. Дис. на соіск. д.т.н. ДДТУ, Махачкала, 2003. - 295 с.

6. Захаров С.М., Жаров І.А. Трибологичні критерії оцінки працездатності підшипників ковзання колінчастих валів двигунів внутрішнього згоряння // Тертя і знос, 1996, Т. 17, №5. - С. 606-615.

7. Розрахунки тертя, зношування й довговічності з позицій молекулярно-механічної, усталостной і енергетичної теорій / І. В. Крагельский, Г. Фляйшер, В. С. Комбалов, Х. Тум // Проблеми машинобудування й автоматизації. - 1986. - № 12. - С. 13-24.

УДК 621.438.75

Мельник О.А., Діца В.В., Кардашов О.І.
Національний університет «Одеська морська академія»

Сучасні технології зварювання чавуну

Чавунами називають залізовуглецеві сплави зі змістом вуглецю понад 2,14%. Звичайний чавун являє собою сплав заліза вуглецю і кремнію, що містить вуглецю від 2,5 до 4%, кремнію від 1% до 5% у комбінації з різними кількостями марганцю, сірки і фосфору. Іноді при цьому є один або декілька спеціальних легуючих елементів ткі, як нікель, хром, молібден, ванадій, титан і інші.

Одержують чавун із залізної руди з допомогу палива і флюсів.

Одержання чавуну — складний хімічний процес. Він складається із трьох стадії: відновлення заліза з окислів, перетворення заліза в чавун і шлакоутворення. Докладно цей процес розглядається в курсі хімії.

Властивості чавуну залежать, головним чином, від змісту в ньому вуглецю і інших домішок, що неминуче входять до його складу: кремнію (до 4,3%), марганцю (до 2%), сірки (до 0,07%) і фосфору (до 1,2%).

Зварювання чавуну

Чавун є складнозварюваним сплавом. Труднощі при зварюванні чавуну обумовлені його хімічним складом, структурою і механічними властивостями, при зварюванні чавуну необхідно враховувати наступні його властивості: рідкотекучість, тому зварювання виконується тільки в нижньому положенні; мала пластичність, що характеризується виникненням у процесі зварювання значних внутрішніх напружень і гартівних структур, які часто приводять до утворення тріщин; інтенсивне вигоряння вуглецю, що приводить до пористості звареного шову; у розплавленому стані чавун окисняється з утворенням тугоплавких оксидів, температура плавлення яких вище, чим чавуну. Зварювання чавуну застосовується в основному для виправлення ливарних дефектів, при

ремонті зношених і ушкоджених деталей у процесі експлуатації та при виготовленні зварених конструкцій.

Зварювання чавуну застосовують у ремонтних цілях і для виготовлення зварнолитих конструкцій. До зварених сполук чавунних деталей, залежно від типу і умов експлуатації, висувають вимоги по механічній міцності, щільності (водо - і газонепроникність) і оброблюваності різальним інструментом. Забезпечити ці вимоги при зварюванні досить складно через фізико-хімічні особливості чавуну.

Ручне дугове зварювання може проводитися по гарячій, напівгарячої й холодної технологіях. Залежно від обраного методу, відрізняються види використовуваних електродів.

Ручне дугове зварювання гарячим методом здійснюється в кілька етапів: підготовка виробу;попереднє нагрівання деталі; зварювання;поступове охолодження.

Гаряче ручне дугове зварювання може виконуватися вугільними електродами, що плавляться. До першого типу ставляться чавунні стрижні, електроди з мідною нікелевою основою.Зварювання ковкого чавуна здійснюється расходниками марок ОЗЧ-2 і ОЗЧ-6, МНЧ-2, ЦЧ-4.
Для роботи із сірим чавуном призначені електроди ОЗЖН-1 і ОЗЖН-2, МНЧ-2, ОЗЧ-2, ОЗЧ-4 і ОЗЧ-6.Для високоміцних чавунів підійдуть зварювальні матеріали ОЗЖН, ОЗЧ-3, ОЗЧ-4, МНЧ-2.Зварювання проводиться безупинно на більших величинах струму. Яким струмом варити чавун залежить від марки обраного разхідника. Однак, зварювання вугільними електродами здійснюється на постійному струмі прямої полярності.Основні недоліки даної технології:

трудомісткість зварювального процесу складність забезпечення рівномірного нагрівання конструкції; значнатривалість робіт;висока вартість усього спектра необхідного устаткування. У деяких випадках до металу шову пред'являються менш тверді вимоги. У подібних ситуаціях доцільно застосовувати напівгаряче і холодне ручне дугове зварювання. Застосовувані види електродів: чавунні, змідною і нікелевою основою, разхідники загального призначення (звичайні/сталеві).

Зварюванн чавунн виробів можно проводити з застосуванн электродов, що неплавляться: вольфрамовых, вугільних, Напівавтоматичне гаряче, напівгаряче і холодне зварювання чавуну. Технологія MIG проводиться середовищі інертного газу, а MAG — у середовищі активного газу.
Суть процесу МИТЬ/МАГ: зварювальний дріт (наприклад, ПП-АНЧ-1, ПП-АНЧ-2, ПП-АНЧ-3) механізованим способом подається в зону електричної дуги, там вона розплавляється іутворює зварену сполуку. У зону дуги подається газ, який захищає зварювальну ванну від взаємодії з атмосферним повітрям.

Гарячий метод зварювання напівавтоматом застосовується в тих випадках, коли необхідно якісна сполука з високими показниками опору розриву і зламу. Для мінімізації кількості тріщин виріб необхідно прохолоджувати поступово.**Напівгаряча технологія** використовується для зварювання виробів, що випробовують деякі навантаження при експлуатації.

Холодний метод зварювання чавуну напівавтоматом відрізняється простотою,

застосовується для зварювання невідповідальних деталей, які не будуть зазнати навантаженням. Безперервна подача дроту дозволяє виконувати великий обсяг робіт за досить короткий час. Результат носить задовільний характер.

Аргонодугове зварювання чавуну (технологія TIG) відрізняється складністю процесу. Середовищем, що захищає зварювальну зону від впливу навколишнього повітря, є газ аргон. У якості присадочного матеріалу використовуються чавунні, нікелеві або алюмінієво-бронзові прутки. Останній тип присадки не рекомендується використовувати, якщо виріб, що зварюється, буде зазнати тепловому впливу. Також виконавцеві знадобляться вольфрамові електроди. Даний спосіб вимагає виконання деяких вимог: виріб перед зварюванням необхідно нагріти, це запобіжить можливість появи тріщин; потрібно застосовувати невеликі величини змінного струму; для контролю температури слід здійснювати сполучення короткими ділянками; кожний шов потрібно простукувати (проковувати) молотком для зняття напружень; виріб після зварювання повинен остигати поступово і повільно.

Газове зварювання чавуну виконується після рівномірного ібільш тривалого (у порівнянні з дуговим зварюванням) прогріву виробу. Нагрівання дозволяє знизити ймовірність виникнення вибілених ділянок. Скіс крайок робиться V-Образним, кут розкриття — 90 градусів. Скошування проводиться тільки при роботі з виробами, товщина стінок яких перевищує 4 мм. У якості присадочних прутків застосовуються чавунні стрижні. Діаметр стрижнів вираховується в такий спосіб: товщина виробу, мм./2 або товщина виробу, мм/2 + 1 мм. Для газового зварювання чавуну також необхідне використання флюсу (наприклад, ФСЧ-1, ФСЧ-2, БМ-1). Присадочный пруток покривають флюсом, а також флюс підсипають у зварювальну ванну. Крім цього, флюс виконує кілька функцій:захист зварювальної ванни від окиснення;переклад тугоплавких окислів у легкоплавкі шлаки;поліпшення сплавляємості; підвищення рідкоплинності металу ванни і шлаків.Зварювальне полум'я повинні бути нормальним. Зварювання виконується в нижньому положенні. Для обробки великих деталей бажано використовувати два пальники.Повільне остигання чавунних виробів після газового зварювання здійснюється під шаром азбесту.

Електрошлакове зварювання дозволяє одержати задовільні властивості шовів із сірого чавуну, без вибілених ділянок, тріщин, пор і інших дефектів. Також , дана технологія застосовується при виправленні дефектів у великих чавунних виливках, тобто коли для ремонту необхідно наплавити великий об'єм металу. Крім цього ЕШС використовується при виготовленні великогабаритних масивних виробів з високоміцних чавунів. Видатковими матеріалами є литі чавунні пластини, що використовуються в якості електродів, і фторидні неокислювальні флюси — у якості флюсів.

Лазерне зварювання чавуну є безпечним і високоякісним методом. Для одержання швів без тріщин застосовується два різновиди зварювання: лазерне зварювання з індукційним нагріванням, яке здійснюється попередньо або під час зварювальних робіт. Нагрівання дозволяє підвищити контроль робочого процесу, зокрема, зняти перехідні напруги; обмежити виникнення

тріщин; зменшити зайву твердість наплавленого металу; підвищити швидкість зварювання. Лазерне зварювання із присадкою ефективна не тільки при сполуці чавунних виробів один з одним, але й для надійного зварювання чавуну і різних типів сталей: конструкційні, цементованные, загартовані. Дана технологія підходить для зварювання корпусів, елементів шестірень, осей і інших деталей в автомобільній промисловості і машинобудуванні

Контактне зварювання застосовується для роботи із чавунними трубами, мається на увазі оплавлення і попереднє нагрівання кінців конструкції. Це попередить утворення гартівних структур. Зварені шови характеризуються досить високою щільністю.

Плазмова пайко-зварювання чавуну. Для видалення графіту зі структури чавуну, який затрудняє змочування робочої поверхні розплавленим припоєм, використовується піскоструминна обробка. Поверхні, що паяються, слід підготувати — обробити флюсом № 209 або 284 при температурі *600-700 С*. Потім виріб необхідно знежирити ацетоном, бензином або розчином луги. Пайка проводиться паяльником або газовим пальником із застосуванням флюсів на основі хлористого цинку. При низькотемпературній пайці використовуються олов'яно-свинцеві або інші легкоплавкі припої, при високотемпературної — припої на основі міді або срібла.

Наплавлення чавуну може проводитися за допомогою спеціальних електродів наступних марок:МНЧ-2, застосовується для відповідальних стиків, наплавлення виконується без підігріву.ОЗЖН-1 призначені для здійснення робіт із закладення серйозних дефектів.ОЗЧ-2 використовуються для наплавления ковкого і сірого чавуну.

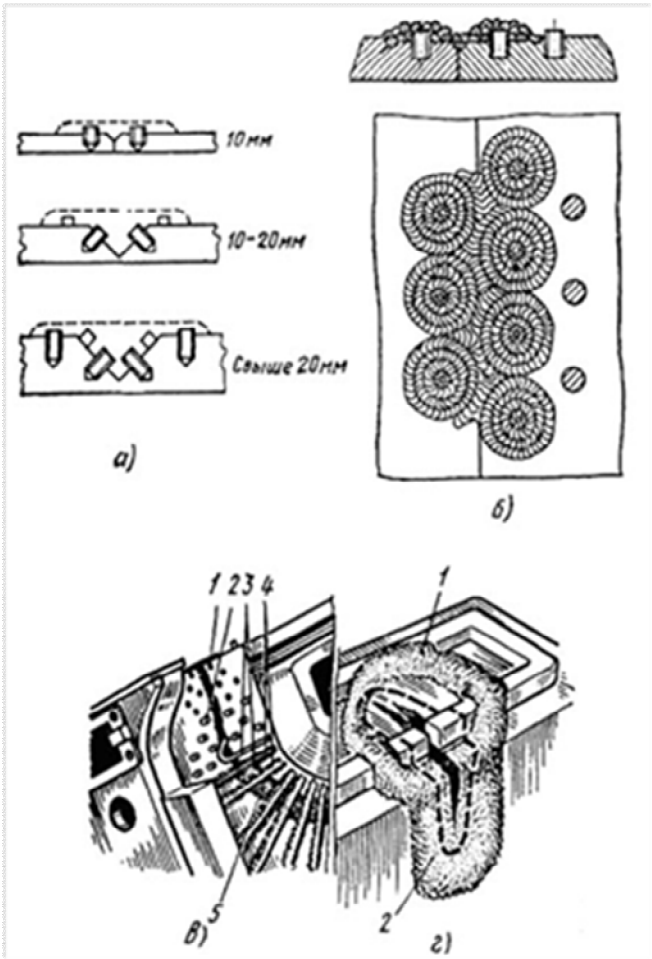
Газове наплавлення здійснюється за допомогою теплоти, виділюваної при горінні суміші ацетилену (замінників ацетилену) і кисню. У якості видаткових матеріалів використовуються литі прутки і флюси.

Техніка безпеки при виконанні робіт

Виконання зварювання у виробничих умовах вимагає, щоб виконавець був атестований для здійснення відповідного виду робіт. Ділянка гарячого зварювання повинен бути оснащений спеціальним устаткуванням, яке виконує функцію видалення пилу, що виділяється при зварюванні. Також існують загальні правила, яких необхідно дотримуватися як професійним зварникам, так і домашнім майстрам: Зварювальний апарат повинен мати заземлення, що гарантує безпека виконавцеві. Обов'язкове використання індивідуальних засобів захисту. Електрозварювання в домашніх умовах повинна проводитися в добре провітрюванім і освітленім приміщенні.

До 0,08

СВАРКА ЧУГУНА
ПОРЯДОК ЗАПОЛНЕНИЯ РАЗДЕЛКИ ТРЕЩИН
ОБВАРКА КРОМОК
ЗАЗОР
ТОЛЩИНА ДЕТАЛИ
ЗАПОЛНЕНИЕ РАЗДЕЛКИ


10мм
10-20мм
Свыше 20мм
а)
б)
1 2 3 4
1
5
2
в)
г)

Висновки

Чітко виражених і загально прийнятих показників зварюваності чавуну поки що немає. Однак відомо, що краще зварюються чавуни, які мають дрібнозернову структуру і чітко-сірий злам, гірше — чавуни із крупнокристалічним зламом , що мають великі включення графіту. Погано зварюються чавуни із чорним зламом. Це пов'язане з тим, що наявність на поверхні чавуну великої кількості графіту погіршує умови її змочування рідким металом. Погано зварюється, також метал(чавун) деталей, що були в експлуатаці

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В.П Фоміних, А.П.Яковлєв. Ручне дугове зварювання.—Вища школа, 1981 р.
2. Ю. Подольський. Зварювальні роботи; рактичний посібник, 2015р.
3. Малишев Б.Д., Мельник В.І., Гетія І.Г. Ручне дугове зварювання.— Будвидав, 1990р

УДК 621.438.75

Лебедев Б. В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Повышение энергоэффективности холодильных систем конструктивно-технологическими методами

Работа посвящена использованию аммиака в малых и средних ХУ и оптимизации ее энергетических параметров. Технической предпосылкой выполнения работы является создание экранированного аммиачного компрессора.

Важнейшим принципом обеспечения безопасности малых и средних ХУ является их герметичность. Применение экранированного холодильного компрессора , в котором статор отделен от полости стальной тонкой стенкой позволяет обеспечить герметичность холодильной установки.

Основным направлением работы является оптимизация энергетических параметров ХУ конструкторскими (применением новых и нестандартным применением известных аппаратов ХУ) и технологическими (подбором наиболее оптимальных режимов эксплуатации ХМ) методами.

Цели исследований.

Ограничение, до последнего времени, области применения аммиака средними и крупными холодильными установками обуславливает отсутствие как аналитических так и эмпирических зависимостей для малой холодильной установки приспособленной для работы на аммиаке.

Создание эмпирических, а на их базе аналитических зависимостей между конструктивными параметрами и энергетической эффективностью для бытовой аммиачной компрессорной установки позволит:

- оптимизировать конструктивные параметры холодильной установки использующей аммиак;

- прогнозировать режимные параметры холустановки при изменении внешних условий.

Постановка задачи.

Конкретной задачей опытных исследований является определение зависимости энергетических параметров работы бытовой аммиачной установки от ее конструктивных параметров для любого установившегося режима работы.

Основные теоретические положения работы.

Влияние перегрева пара на действительный холодильный коэффициент.

Естественно, термодинамический анализ холодильной машины на ранней стадии проектирования не может дать достоверных сведений об экономической эффективности, но намечает пути получения высоких энергетических показателей холодильных динамической оценки цикла служит холодильный коэффициент, представляющий собой отношение количества тепла , отнятого от охлаждаемого объекта, к затраченной в цикле работе:

$$\varepsilon_a = \frac{q_{хол}}{l_a} \qquad (1)$$

Общий процесс перегрева пара на всасывании, возможный при работе малого герметичного компрессора может быть разделен на несколько самостоятельных процессов происходящих на линии низкого давления:

- Перегрев сухого насыщенного пара в испарителе холодильной машины, вплоть до температуры камеры;
- Перегрев пара во всасывающем трубопроводе;
- Перегрев происходящий при контакте пара с работающим электродвигателем компрессора;
- Перегрев из-за контакта пара с механизмом компрессора непосредственно перед входом пара в цилиндр.

Таким образом общее количество тепла полученное паром в процессе перегрева можно выразить как:

$$q = \Delta q_{кам.} + \Delta q_{труб.} + \Delta q_{эл.} + \Delta q_{ком.} \qquad (2)$$

Действительный цикл холодильной машины показан на Рис. 1 а) в координатах T - S, на Рис. 1 б) в координатах P – i

Перегрев пара в испарителе.

В процессе теплообмена пар хладагента перегревается до состояния которое характеризуется давлением испарения P_0 и температурой камеры $T_{кам}$. Максимальное тепло которое пар может получить в процессе перегрева в испарителе может быть выражено:

$$\Delta q_{кам\ max} = C_p \Delta T = C_p (T_{кам} - T_0) \qquad (3)$$

где — $\mathbf{C_p}$ теплоемкость пара холодильного агента при постоянном давлении (теплоемкость в расчетах допустимо принимать постоянной величиной);

С другой стороны :

$$\Delta q_{кам} = i_{кам} - i_0 \qquad (4)$$

сдесь: $\mathbf{i_0}$ — энтальпия сухого насыщенного пара;

$\mathbf{i_{кам}}$ — энтальпия перегретого пара при температуре $T_{кам}$.

Тогда энтальпию пара имеющего температуру камеры можно представить как:

$$i_{кам} = Cp_0 \cdot \left(T_{кам} - T_0\right) \cdot i_0 \qquad (5)$$

Реальный перегрев пара вследствие необратимости теплообмена не достигает значения $T_{кам}$, в действительной холодильной машине пар перегревается до более низкой температуры. Реальный перегрев может быть оценен как:

$$T_{1'} - T_0 = (T_{кам} - T_0)\ \varphi_1 \qquad (6)$$

Здесь φ_1 коэффициент эффективности теплообмена.

Тогда : $$\Delta q_{кам} = c_p\ \varphi_1\ (T_{кам} - T_0) \qquad (7)$$

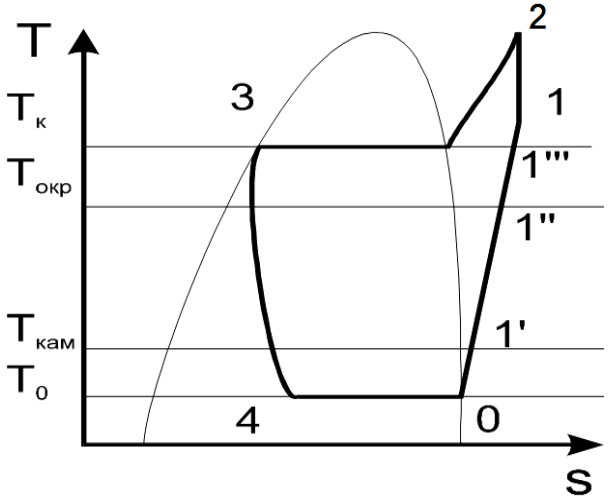


Рис. 1 а).

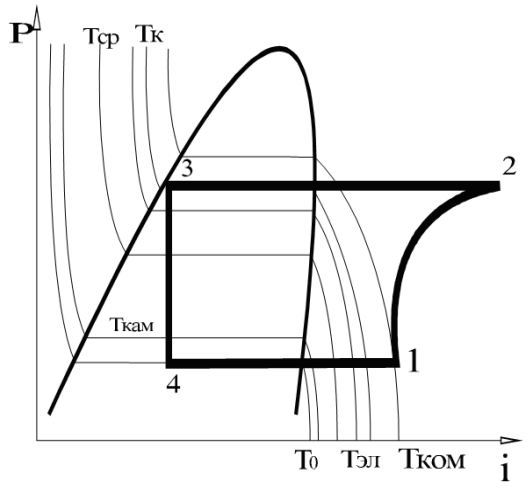


Рис. 1 б).

0. Сухой насыщенный пар; 0 – 1'. Перегрев пара в испарителе;1' – 1''. Перегрев пара в трубопроводе; 1'' – 1'''. Перегрев пара при контакте с электродвигателем; 1''' – 1. Перегрев пара внутри компрессора; 2. Сжатие пара в цилиндре; 3. Охлаждение и конденсация; 4. Дросселирование; 4 - 0. Кипение в испарителе.

Перегрев пара в трубопроводе.

Максимальный теоретический перегрев во всасывающем трубопроводе, по аналогии с предыдущим можно выразить разностью температур:

$$\Delta T = (T_{ср} - T_{кам}). \qquad (8)$$

Тогда максимальное тепло подведенное к пару составит:

$$\Delta q_{труб\ max} = c_p\ (T_{ср} - T_{кам}) = i_{1''} - i_1, \qquad (9)$$

Здесь $\mathbf{i_{1''}}$ энтальпия пара имеющего температуру камеры, которую можно представить как:

$$i_{1''} = Cp_0 \cdot \left(T_{труб} - T_{кам}\right) + Cp_0 \cdot \left(T_{кам} - T_0\right) + i_0 = Cp_0 \cdot \left(T_{труб} - T_0\right) + i_0 \qquad (10)$$

В реальных условиях, из-за необратимости теплообмена температура пара в трубопроводе T1'' не достигает значения $T_{окр}$, аналогично (6) можно говорить об эффективности теплообмена в трубопроводе:

$$\Delta q_{труб} = c_p\ (T_{ср} - T_{кам})\ \varphi_2 \qquad (11)$$

где φ_2 коэффициент эффективности теплообмена для трубопровода.

Перегрев в электродвигателе.

Теплоту полученную паром хладагента при контакте с деталями электродвигателя можно выразить аналогично предыдущим через температуру перегрева пара в электродвигателе: температуру перегрева пара в электродвигателе: максимальное тепло подведенное к пару составит:

$$\Delta q_{эл\ max} = c_p\,(T_{эл} - T_{ср}) = i_{1'''} - i_{1''} \qquad (12)$$

Здесь $\mathbf{i_1}'''$ энтальпия пара разогретого при контакте с электродвигателем.

$$i_{1'''} = Cp_0 \cdot \left(T_{труб} - T_{кам}\right) + Cp_0 \cdot \left(T_{кам} - T_0\right) + Cp_0 \cdot \left(T_{эл} - T_{кам}\right) + i_0 = \\ = Cp_0 \cdot \left(T_{эл} - T_0\right) + i_0 \qquad (13)$$

Учитывая обратимость процесса:

$$\Delta q_3 = \varphi_3 \cdot Cp_0 \cdot \left(T_{эл} - T_{ср}\right) \qquad (14)$$

Здесь φ_3 коэффициент эффективности теплообмена между деталями электродвигателя и паром хладагента.

$$\varphi_3 = \frac{T_1''' - T_{ср}}{T_{эл} - T_{ср}} \qquad (15)$$

Перегрев пара в процессе теплообмена с механизмом компрессора.

Попадая в полость компрессора пар холодильного агента контактирует с механизмом компрессора, который при работе нагревается вследствие процессов трения до температуры более высокой чем температура пара. В результате теплообмена пар может быть нагрет до $T_{ком}$ - температуры компрессора, и получить тепло, которое можно выразить аналогично предыдущим:

$$\Delta q_{комп\ max} = c_p\,(T_{комп} - T_{эл}) = i_{1'''} - i_{1''} \qquad (16)$$

Здесь $\mathbf{i_1}''''$ энтальпия пара разогретого при контакте с электродвигателем.

$$i_{1''''} = Cp \cdot \left(T_{труб} - T_{кам}\right) + Cp \cdot \left(T_{кам} - T_0\right) + Cp \cdot \left(T_{эл} - T_{кам}\right) + \\ + Cp \cdot \left(T_{комп} - T_{эл}\right) + i_0 = Cp_0 \cdot \left(T_{эл} - T_0\right) + i_0 \qquad (17)$$

Учитывая обратимость процесса:

$$\Delta q_4 = \varphi_4 \cdot Cp_0 \cdot \left(T_{комп} - T_{эл}\right) \qquad (18)$$

где :

$$\varphi_4 = \frac{T_1'''' - T_{эл}}{T_{комп} - T_{эл}} \qquad (19)$$

Изменение адиабатной работы компрессора связанное с перегревом пара.

При расчете теоретического холодильного коэффициента, считается, что работа совершается над сухим насыщенным паром. В процессе перегрева пара увеличивается его удельный объем, а значит увеличивается работа, которую необходимо затратить для сжатия пара:

$$l_a = l_{a0} \cdot \frac{T_{пер}}{T_0} \qquad (20)$$

Расчет перегрева пара при контакте с механизмом компрессора и электродвигателем.

Современные малые холодильные машины имеют очень высокую степень унификации [1,3], что позволяет говорить об общих для них конструкционных

параметрах и о равенстве для всей гаммы малых герметичных компрессоров объемных и энергетических характеристик при одинаковых температурных режимах. К таким характеристикам относятся:

- индикаторный КПД — η_i;
- коэффициент подачи — λ;
- удельное давление трения — $P_{тр}$.

Расчет производится с допущением , что во время сжатия пара в цилиндре теплоотвод не играет существенной роли , т. е. Работа компрессора считается адиабатной.

$$l_м = \frac{l_a}{\eta_i} + \frac{v_1 \cdot P_{тр}}{\lambda} \tag{21}$$

Механическая работа компрессора расходуется на производство полезной (адиабатной) работы компрессора и выделение теплоты. Тогда теплоту, которая выделится при работе компрессора и приведет к перегреву пара, можно представить как:

$$\Delta q_{ком} = l_м - l_a = \frac{l_a}{\eta_i} + \frac{v_1 \cdot P_{тр}}{\lambda} - l_a \tag{22}$$

Учитывая коэффициент эффективности теплообмена:

$$\Delta q_{ком} = \left[l_a \cdot \left(\frac{1}{\eta_i} - 1 \right) + \frac{v_0 \cdot P_{тр}}{\lambda_w} \right] \cdot \varphi_4 \tag{23}$$

Аналогично предыдущему, работа электрического тока расходуется на совершение механической работы и выделение тепла, отбирая которое пар хладагента перегревается. Величина механической работы зависит от КПД электродвигателя. Тогда теплота выделяемая электродвигателем может быть выражена через механическую работу и КПД электродвигателя.

$$\Delta q_{эл} = l_м \cdot \left(\frac{1}{\eta_л} - 1 \right) = \left[l_a \cdot \left(\frac{1}{\eta_i} - 1 \right) + \frac{v_0 \cdot P_{тр}}{\lambda_w} \right] \cdot \left(\frac{1}{\eta_л} - 1 \right) \tag{24}$$

Учитывая коэффициент эффективности теплообмена:

$$\Delta q_{эл} = \left[l_a \cdot \left(\frac{1}{\eta_i} - 1 \right) + \frac{v_0 \cdot P_{тр}}{\lambda_w} \right] \cdot \left(\frac{1}{\eta_л} - 1 \right) \cdot \varphi_4 \tag{25}$$

Из уравнений (2), (7), (11), (23), (25) можно получить формулу для определения общей теплоты, которую получает перегреваемый хладагент

$$q = \varphi_1 \cdot Cp \cdot \left(T_{кам} - T_0 \right) + \varphi_2 \cdot Cp \cdot \left(T_{окр} - T_{кам} \right) +$$

$$+ \left[l_a \cdot \left(\frac{1}{\eta_i} - 1 \right) + \frac{v_0 \cdot P_{тр}}{\lambda_w} \right] \cdot \varphi_3 + \left[l_a \cdot \left(\frac{1}{\eta_i} - 1 \right) + \frac{v_0 \cdot P_{тр}}{\lambda_w} \right] \cdot \left(\frac{1}{\eta_л} - 1 \right) \cdot \varphi_4 \tag{26}$$

Теплоемкость хладагента можно считать постоянной, тогда разность между температурой кипения агента и температурой начала сжатия можно выразить через полученную теплоту:

$$T_{пер} = \frac{q}{Cp} - T_0 \tag{27}$$

Адиабатная работа сжатия после перегрева хладагента может быть выражена через работу сжатия сухого насыщенного пара:

$$l_a = l_{a0} \cdot \frac{T_{пер}}{T_0} \tag{28}$$

что связано с изменением объема в процессе перегрева пара:

$$v_1 = v_0 \cdot \frac{T_{пер}}{T_0} \tag{29}$$

Наибольший практический интерес вызывает максимально возможный перегрев пара т. е. случай когда $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi_4 = 1$. В этом случае перегрев достигнет своего максимального значения, т. е. температура начала сжатия максимально отклонится от значения T_0.

В этом случае формула 26 примет вид:

$$q = Cp \cdot \left(T_{окр} - T_0\right) + \left[l_a \cdot \left(\frac{1}{\eta_i} - 1 \right) + \frac{v_0 \cdot P_{тр}}{\lambda_w} \right] \cdot \frac{1}{\eta_л} \tag{29}$$

Расчет действительного значения холодильного коэффициента.

Действительный холодильный коэффициент учитывает всю полезную холодопроизводительность, т. е. холод полученный как врезультате кипения хладагента , так и врезультате перегрева хладагента в испарителе. В то же время в действительном холодильном коэффициенте учитывается увеличение работы компрессора вследствие увеличения удельного объема всасываемого пара; т. е. действительный холодильный коэффициент:

$$\varepsilon_д = \frac{q_0 + \Delta q_{кам}}{l_{a0} \cdot T_{пер} / T_0} \tag{30}$$

На рис. 2 приводятся (для удобства сравнения) в графической форме результаты расчета теоретического и действительного холодильного коэффициента для одноступенчатой аммиачной холодильной машины малой холодороизводительностию.

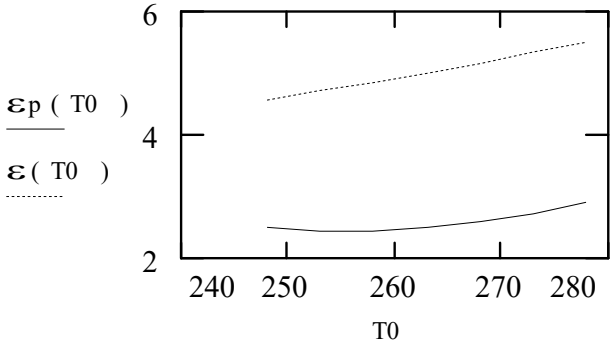


Рис. 2.

При расчете действительного холодильного коэффициента величины λ, η_i, рассчитывались по эмпирическим формулам. [2].

Соответственно:

$$\lambda = \frac{T_0}{T_к}\left\{1 - C\left[\left(\frac{P_к}{P_0}\right)^{\frac{1}{m}} - 1\right]\right\} \quad (31)$$

$$\eta_i = \frac{T_0}{T_к} + b \cdot t_0 \quad (32)$$

В формуле (31): C —относительный мертвый объем компрессора. Согласно В. Б. Якобсону [3] C = 0.01.

m — показатель политропы расширения; для аммиака m = 1.32 [2].

В формуле (28) b = 0.001 [2].

Использование конденсата для охлаждения пара хладагента внутри компрессора непосредственно перед сжатием .

Для того чтобы ослабить отрицательный эффект от перегрева пара на всасывании желательно производить охлаждение перегретого пара, непосредственно перед всасыванием. В современном бытовом холодильном оборудовании для охлаждения используется воздух окружающий холодильный агрегат, причем в большинстве конструкций без принудительной циркуляции. Использование воздуха для охлаждения пара внутри компрессора конструктивно малореально, а введение в схему дополнительного хладоносителя, например проточной воды недопустимо осложнит схему холодильной машины. Исходя из этих предпосылок, предлагается охлаждать непосредственно пар хладагента внутри компрессора жидкостью хладагента прошедшей через конденсатор при помощи теплообменника находящегося внутри кожуха компрессора.

Принцип и схема процесса.

Пар покидает компрессор имея параметры близкие к параметрам конца сжатия, т. е. под давлением практически равным давлению конденсации $P_к$ и с температурой точки конца сжатия в цилиндре. Поступая в конденсатор, пар охлаждается, передавая теплоту окружающему воздуху, насыщается и конденсируется. Образовавшаяся насыщенная жидкость находится под давлением конденсации и имеет температуру конденсации. Жидкость поступает в теплообменник находящийся внутри кожуха компрессора. В данной статье форма и конструкционные параметры теплообменника не рассматриваются, очевидно однако, что обратимость процесса протекающего в нем имеет первостепенное значение. В результате теплообмена жидкость частично испаряется, не меняя температуры и находясь при постоянном давлении. После этого жидкость попадает в конденсатор второй ступени, где снова конденсируется, переохлаждается и отправляется на дросселирование. Пар в процессе теплообмена в компрессоре охлаждается до температуры конденсации и попадает в цилиндр компрессора. Рис. 3. и Рис. 4. иллюстрируют процесс. Рис. 3. представляет

схему холодильной установки с охлаждением жидким конденсатом, Рис. 4. представляет цикл протекающий в установке.

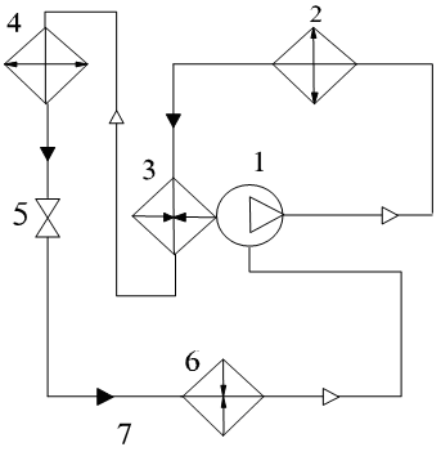


Рис. 3.

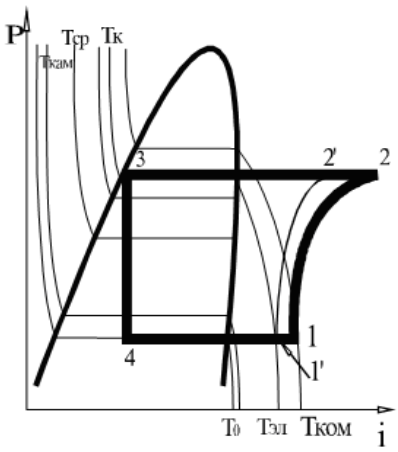


Рис. 4.

Дальнейшее переохлаждение жидкого хладагента при помощи регенеративного теплообменника.

Во фреоновых холодильных установках для дальнейшего переохлаждения жидкости используют регенеративный теплообменник. Пар хладагента покидая испаритель направляется в рекуперативный сосуд где обменивается теплом с переохлажденной жидкостью хладагента, имеющей более высокую температуру. Вследствии чего пар перегревается до температуры с которой жидкость поступает в теплообменник, энтальпия его соответственно возрастет:

$$\Delta i = C_{р\ пар}\ \Delta T_{пар}. \qquad (37)$$

На такую же величину изменится энтальпия жидкости:

$$\Delta i = C_{р\ жид}\ \Delta T_{жид}. \qquad (38)$$

Холодопроизводительность возрастет на величину: $\Delta q_{рто} = \Delta i.$

Аммиачная холодильная машина с регенеративным теплообменником.

Охлаждая перегретый пар холодильного агента внутри кожуха герметичного холодильного компрессора жидким конденсатом хладагента, можно значительно уменьшить температуру всасывания. Независимо от количества тепла, полученного вовремя перегрева, пар будет поступать в цилиндр компрессора при постоянной температуре, близкой к температуре конденсации, а все дополнительное тепло будет поглощаться жидким хладагентом в процессе кипения при температуре конденсации, с последующей повторной конденсацией во второй секции конденсатора.

На рис. 5. показана схема установки.

На рис. 6 представлен цикл установки с РТО и охлаждением пара перед всасыванием.

Для охлаждения пара хладагента используется жидкий холодильный агент при температуре конденсации.

Теплоту, которую отдает пар можно выразить:

$$\Delta q_{охл} = C_р\ \Delta T = C_р\ (T_{пер} - T_к) \qquad (39)$$

Учитывая коэффициент эффективности теплообмена φ:

$$\Delta q_{охл} = \varphi\, C_p\, (T_{пер} - T_к) \qquad (40)$$

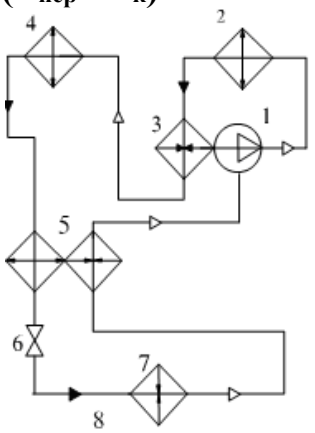


Рис. 5.

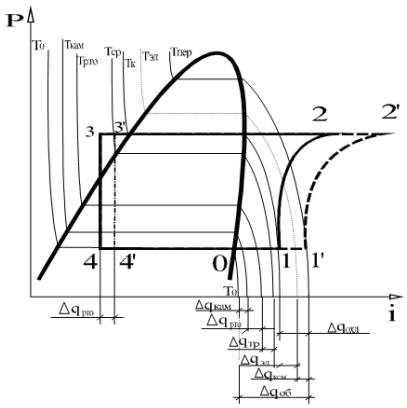


Рис. 6

Конденсат холодильного агента, поглощая $\Delta q_{охл}$ теплоты, частично выкипает оставаясь при температуре конденсации, после чего направляется в конденсатор второй ступени, где снова конденсируется и переохлаждается до температуры окружающей среды (точка 3’ на Рис. 6.), после чего дополнительно переохлаждается в регенеративном теплообменнике отдавая $\Delta q_{ртв}$ тела.

Работу сжатия перегретого пара можно выразить через работу сжатия сухого насыщенного пара la0:

$$l_{a_{пер}} = l_{a0} \cdot \frac{T_{пер}}{T_0 \cdot \varphi} \qquad (41)$$

Работа сжатия пара охлажденного конденсатом выражается:

$$l_{a_к} = l_{a0} \cdot \frac{T_к}{T_0 \cdot \varphi} \qquad (42)$$

Холодильный коэффициент аммиачной установки с охлаждением пара непосредственно перед всасыванием и регенеративным теплообменником можно выразить:

$$\varepsilon_к = \frac{q_0}{l_{a_к}} = \frac{\left(q_0 + \Delta q_{пер} + \Delta q_{рто}\right) \cdot T_0}{l_{a0} \cdot T_к} \qquad (43)$$

На рис. 7. приводится расчетный график зависимости действительного холодильного коэффициента аммиачной холодильной машины с регенеративным теплообменником (εк). На этом же рисунке для сравнения представлен график изменения холодильного коэффициента у машины без РТО, но с охлаждением пара перед всасыванием (εохл).

Рис. 9. показывает, что в аммиачных машинах использующих охлаждение пара перед всасыванием применение РТО повышает холодильный коэффициент примерно 10 - 15%, в зависимости от температуры кипения хладагента в испарителе (T_0).

Рис. 8. в графической форме проводит сравнение холодильных коэффициентов аммиачных машин с РТО и охлаждением пара перед всасыванием (εк), с

охлаждением пара но без РТО (εр), без охлаждения пара (εр). Для сравнения также представлен теоретический холодильный коэффициент ε.

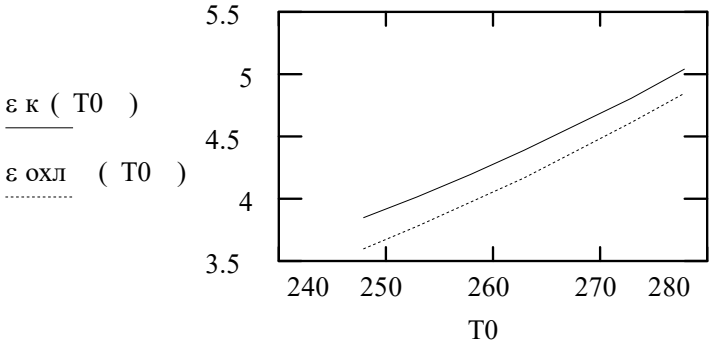


Рис. 7.

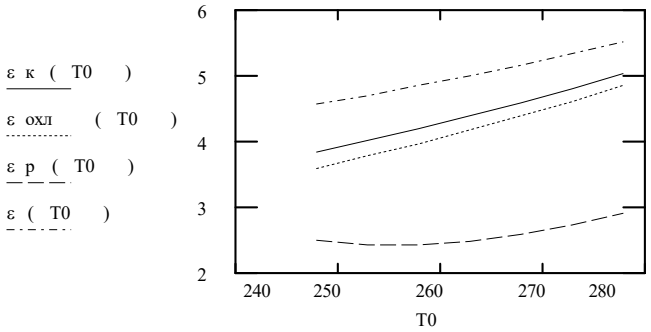


Рис. 8.

Вывод.

Полученные теоретические зависимости показывают возможность улучшения работы холодильной машины, поскольку холодильный коэффициент машины использующей регенеративный теплообменник и охлаждение пара перед всасыванием ближе всего к теоретическому значению.

На следующем этапе усилия необходимо сосредоточить на экспериментальном подтверждении полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Математичні аспекти термоекономічного аналізу холодильної установки плодоовочесховища / Н. В. Жихарєва // Холодильна техніка та технологія. - 2014. - № 2. - С. 11-15.

2. Експериментальное исследование характеристик домашнего холодильника, использующего нанофлюид R600A/TiO2 / Д. К. Кулешов, И. Н. Красновский // Холодильна техніка та технологія. - 2014. - № 5. - С. 12-16.

3. Уравнения для расчета теплопроводности хладагентов R32 и R125 / А. С. Бойчук // Холодильна техніка та технологія. - 2014. - № 6. - С. 10-13.

4. Анализ характеристик теплонасосных установок / П. Ф. Стоянов // Холодильна техніка та технологія. - 2015. - Т. 51, вип. 2. - С. 53-58.

5. Термодинамический анализ машин для производства тепла и холода на двух температурных уровнях каждого термического эффекта / Л. И. Морозюк // Холодильна техніка та технологія. - 2015. - Т. 51, вип. 5. - С. 20-26.

ДВИГУНИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ

УДК 621.431.74

Половинка Е.М., Табулінский І.М.

Моделювання процесів впорскування палива акумуляторною системою подачі палива COMMON RAIL двигунів RT-FLEX

Сучасний етап розвитку суднового дизелебудування характеризується принципово новими рішеннями в організації паливоподачі. Здійснено перехід на комп'ютерне управління з організацією акумуляторного принципу впорскування палива (двигуни RT-Flex) або застосування гідроприводу паливних насосів високого тиску (дизелі MAN типу ME).

Обидва варіанти забезпечують вільне завдання основних параметрів паливоподачі : тиску і фаз впорскування. У результаті з'явилася можливість забезпечити високу економічність і виконувати екологічні норми, що вимагають різкого скорочення емісії шкідливих речовин з відпрацьованими газами.

При цьому інформація стосовно гідродинамічних процесів в нових системах упорскування дуже обмежена і не задовольняє потребам практики експлуатації сучасних суднових дизелів.

На кафедрі СЕУ НУ < ОМА > ведуться дослідження експлуатаційних характеристик систем паливоподачі двигунів RT-Flex. Одним з напрямків цієї роботи є створення моделей паливоподачі і розрахункове дослідження процесів впорскування палива . Результати проведених досліджень представлені у даному звіті.

Функціональна схема акумуляторної системи паливоподачі (Common Rail - CR) двигунів типу RT-flex [1] представлена на рис. 1. У неї включені елементи, безпосередньо пов'язані з процесом впорскування.

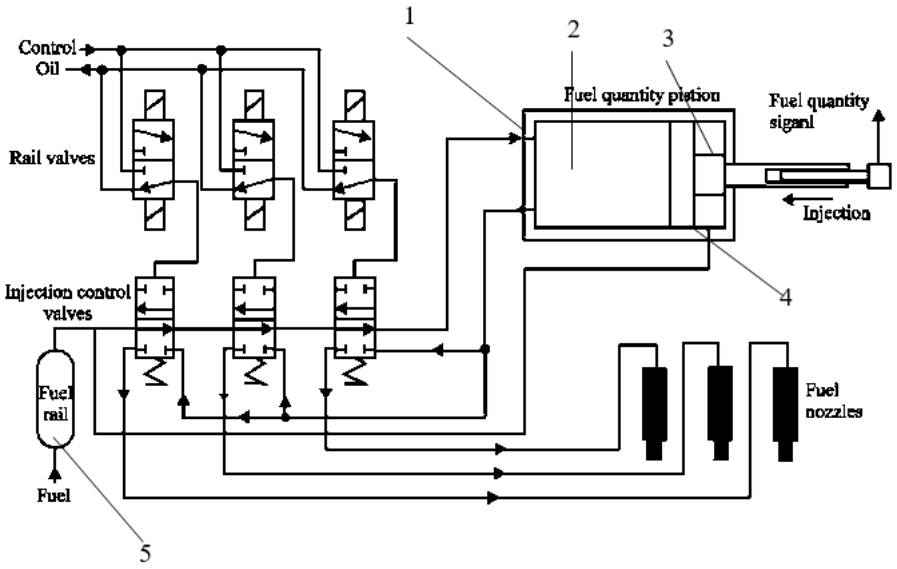


Рис. 1. Акумуляторна система впорскування палива АСВП (CR –Common Rail):
1 – блок управління впорскуванням (БУВ)- Injection Control Unit – ICU; 2- Рабоча порожнина РП БУВ;, 3-буферна порожнина БП БУВ; 4- дозуючий поршень ДП БУВ (QP – Quantity Piston); 5 – паливний акумулятор ПАк (Fuel Rail)

Додатковими пристроями укомплектована частина системи (рис. 2), що вміщує на виході зазначений вище 5 (рис. 1) акумулятор 1 (рис.2).

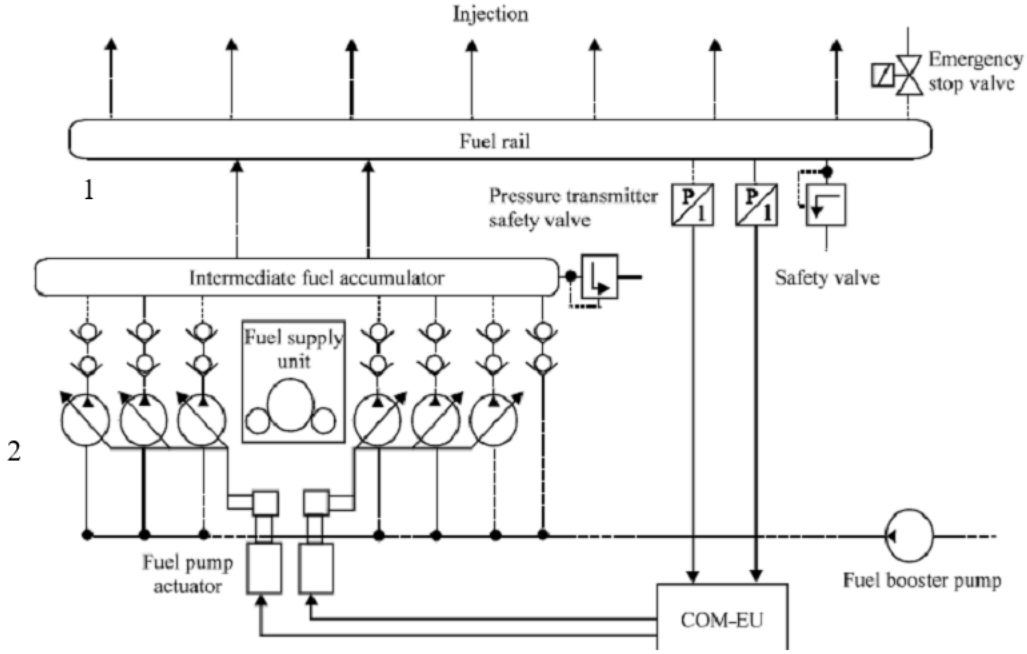


Рис. 2. Схема живлення акумулятора системи паливоподачі:1 – паливний акумулятор ПАк (Fuel Rail); 2 –блок ПНВТ (Fuel Supply Unit)

Подача палива під високим тиском (до 1000 бар) проводиться блоками ПНВТ V-подібного виконання 2 (Fuel supply unit - рис.2) з приводом від колінчастого вала двигуна.. Інші елементи забезпечують управління і захист від перевантаження за тиском палива.

Основними елементами акумуляторної системи впорскування (рис. 1) є, поряд з форсунками (fuel nozzles), блок управління впорскуванням (БУВ)1 - Injection Control Unit – ICU, паливний акумулятор (fuel Rail) і клапани системи управління.

Робоча порожнину БУВ сполучується в період впорскування з форсунками, а у фазі підготовки чергової подачі з паливним акумулятором. Буферна порожнина 3 зв'язку з форсунками не має і постійно підключена до акумулятора.

Функції управління вказаними діями БУВ здійснюють клапани (два на кожну форсунку).Один з них (Rail valve) з соленоїдним двостороннім приводом є проміжною ланкою в системі управління, працюючи з сервісною оливою (oil Control). Для подачі палива він пропускає оливу до клапана керування упорскуванням (Injection control valve), а потім забезпечує відведення оливи через зливну магістраль.

Другий клапан сполучує робочу порожнину БУВ по черзі з форсунками (під час впорскування палива) і з акумулятором. Робочий хід дозуючого поршня (QP – Quantity Piston) 4 забезпечується перепадом тиску при з'єднанні РП з форсунками. Його зворотне переміщення визначається різницею площ ДП – з боку РП вона більше. На рис.1 система зображена в кінцевій фазі заповнення РП БУВ паливом з акумулятора.

Управління процесами впорскування здійснюється комп'ютерної системою

WECS-9520 (Wartsila Engine Control System).

При розробці моделі процесу паливоподачі використана функціональна схема АСВП, представлена на рис.1.

В якості базових положень фізичних і математичних уявлень стосовно гідродинаміки процесів впорскування запозичені розробки проф. Ю. Я. Фоміна, узагальнені в його працях [2,3,4].

Ставилося завдання фізичного аналізу і математичного опису процесів, що відбуваються в основних елементах АСВП : БУВ і форсунках. Клапанні пристрої представлені двопозиційними елементами з зовнішнім управлінням, що задає режим роботи системи.

Процеси в БУВ описуються рівняннями суцільності робочої порожнини БУВ і руху дозуючого поршня в період впорскування палива.

Перше представляється у вигляді

$$\alpha V_{\text{р}} \frac{dp_{\text{р}}}{dt} = f_{\text{р}} \frac{dh}{dt} + Q_{\text{у.б}} - u_0 f_{\text{т}} - \varepsilon \mu_{\text{пр}} f_{\text{пр}} \sqrt{\frac{2}{\rho}} \sqrt{p_{\text{р}}} \ ,$$

а для руху дозуючого поршня отримано:

$$M_{\text{п}} \frac{d^2 h}{dt^2} = f_{\text{б}}\, p_{\text{б}} - f_{\text{р}}\, p_{\text{р}} \ ,$$

де $p_{\text{р}}$, $p_{\text{б}}$ – тиск палива в порожнинах БУВ відповідно робочої і буферній

$V_{\text{р}}$ – об'ем рабочої порожнини БУВ;

$f_{\text{р}}$ *и* $f_{\text{б}}$– активні площі дозуючого поршня з боку робочої та буферної порожнин БУВ;

h – переміщення поршня; u_o- швидкість палива у вхідному перетині нагнітального трубопроводу, що йде до форсунки;

$Q_{\text{у.б.}}$ – витоки палива через нещільності РП БУВ ;

$M_{\text{п}}$ – маса поршня і рухаючихся з ним деталей;

$\varepsilon \mu_{\text{пр}} f_{\text{пр}} \sqrt{\frac{2}{\rho_{\text{т}}}} \ \sqrt{p_{\text{р}}}$ - витрата палива через відкритий запобіжний клапан у разі його спрацьовування, в якому ε - параметр управління рахуванням;

$\mu_{\text{пр}}$ - коефіцієнт витікання для каналу запобіжного клапана;

$f_{\text{пр}}$ - перетин канала;

$\rho_{\text{т}}$ - густина палива.

Одинична функція, що враховує стан запобіжного клапана

$$\varepsilon = \begin{vmatrix} 1 \text{ пр } p_{\text{р}} \geq p_{\text{пр}}; \\ 0 \text{ при } p_{\text{р}} < p_{\text{пр}} \ , \end{vmatrix}$$

де $p_{\text{пр}}$ уставка запобіжного клапана.

В даному переліку частина параметрів є конструктивними характеристиками, які приводяться у вихідних даних: $f_{\text{р}}$, $f_{\text{б}}$, $Q_{\text{у.б.}}$, $M_{\text{п}}$.

Для інших задаються початкові значення, які змінюються в процесі розрахунку: $p_{\text{р}}$, $p_{\text{б}}$, $V_{\text{р}}$, h.

Найбільш складним завданням при моделюванні паливоподачі є розрахунок руху палива в трубопроводі високого тиску.

У даному дослідженні використаний найбільш точний гідродинамічний метод розрахунку, що враховує хвильові явища і наявність опору руху палива.

Якщо прийняти потік палива у паливопроводі високого тиску одновимірним, його стан ізотермічним, а характеристики палива усередненими (для малих інтервалів часу і довжини паливопроводу), то рух палива описується системою гіперболічних рівнянь

$$\left.\begin{aligned} \partial u/\partial t + u\partial u/\partial x + \varrho^{-1}\partial p/\partial x = -2Ku; \\ \partial p/\partial t + u\partial p/\partial x + a^2\varrho\partial u/\partial x = 0, \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

де и — швидкість руху палива; р — тиск палива; х — координата довжини паливопроводу (х=0 у насоса); t — час; ρ— густина палива; а — швидкість поширення хвилі тиску в паливі; К — фактор гідравлічного опору.

У разі нехтування в рівняннях (1) конвективними членами u∂u/∂x і u∂p/∂x, система зводяться до телеграфного рівняння

$$\partial^2 u/\partial x^2 - a^{-2}\partial^2 u/\partial t^2 - 2Ka^{-2}\partial u/\partial t = 0,$$

розв'язуваному методом характеристик або загасаючих хвиль.

У розроблюваній моделі АСВП використовується форсунка закритого типу з механічним (пружинним) замиканням (рис. 3, *а*).

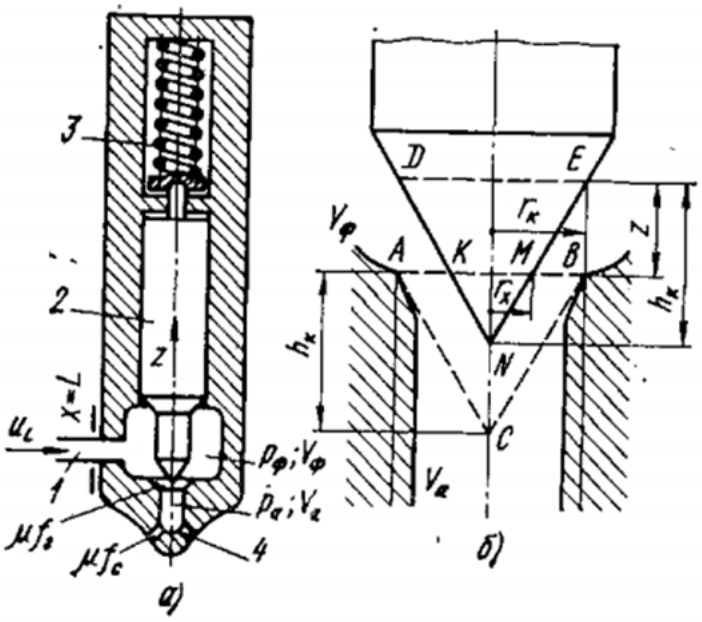


Рис. 3. Схема форсунки закритого типу:
1- нагнітальний трубопровід; 2- голка; 3-пружина; 4 – соплові отвори

Процеси подачі палива у форсунці описані наступними диференціальними рівняннями:

суцільності потоку палива в порожнині перед голкою

$$\alpha V_{\text{ф}} \frac{dp_{\text{ф}}}{d\text{t}} - f_1 u_L - \varepsilon_{\text{и}} f_{\text{и}} \frac{dz}{dt} + \frac{dV_{\text{осв}}}{dt} -$$

$$- \xi' \mu f_{\text{г}} \sqrt{\frac{2}{q}} \sqrt{|p_{\text{ф}} - p_{\text{а}}|};$$

суцільності потоку палива в порожнині під голкою

$$\alpha V_{\text{а}} \frac{dp_{\text{а}}}{dt} = \xi' \mu f_{\text{г}} \sqrt{\frac{2}{q}} \sqrt{\left| p_{\text{ф}} - p_{\text{а}} \right|} -$$

$$- \mu f_{\text{с}} \sqrt{\frac{2}{q}} \sqrt{p_a - p_ц} - \frac{dV_{\text{осв}}}{dt};$$

руху голки форсунки

$$M_{\text{и}} \frac{d^2 z}{dt^2} = p_{\text{а}} f_{\text{и}}'' + p_{\text{ф}} f_{\text{и}}' - c_{\text{и}} (z_0 + z),$$

де $p_{\text{ф}}$ і $p_{\text{а}}$ – тиск палива в камерах розпилювача у голки і перед сопловими отворами; $p_{\text{ц}}$ – тиск газів у циліндрі; $V_{\text{ф}}$ і $V_{\text{а}}$ – об'єми камер розпилювача; $V_{\text{осв}}$ – об'єм, що звільняється конусом голки при її підйомі; $f_{\text{и}}$ – площа поперечного перерізу голки; $f_{\text{и}}'$ – диференціальна площа голки; $f_{\text{и}}'' = f_{\text{и}} - f_{\text{и}}'$; $\mu f_{\text{г}}$ і $\mu f_{\text{с}}$ ефективні перетини в сідлі голки і соплових отворів; z – підйом голки; u_L – швидкість палива у вихідному перетині нагнітального трубопроводу; $M_{\text{и}}$ – маса голки і рухаючихся з нею деталей; $c_{\text{и}}$ и $z_{\text{о}}$ – жорсткість і попереднє стискання пружини форсунки;

$$\varepsilon_{\text{и}} = \begin{vmatrix} 1 \; при \; 0 < z < z_{\max} \\ 0 \; при \; z = z_{\max} \end{vmatrix}; \xi' = \begin{vmatrix} 1 \; при \; p_{\text{ф}} \geq p_{\text{а}}; \\ -1 \; при \; p_{\text{ф}} < p_{\text{а}}, \end{vmatrix}$$

$z_{\max}$ – максимальний підйом голки форсунки.

Розрахунок процесу паливоподачі у форсунці (у вихідному перетині трубопроводу високого тиску) ведеться з урахуванням положення голки. Можливі три варіанти розрахунку:

1) голка форсунки знаходиться на сідлі, що має місце до початку впорскування і після нього;

2) голка рухається, тобто піднімається або опускається;

3) голка знаходиться у упору.

Розрахункова схема акумуляторної системи CR, складена у пакеті GT-Power стосовно базовим даними двигуна RT-flex 50 , представлена на рис. 4. Основними елементами, що забезпечують опис процесів впорскування в різних пристроях системи, є

- 1- акумулятор - Rail;
- 2- блок управління впорскуванням БУВ - Injection Control Unit - ICU;
- 3- клапан БУВ - DCV42 ;
- 4 (4.1,4.2)- форсунки -Nozzle-1,Nozzle-2 ;
- 5 (5.1,5.2)-паливні насосы високого тиску - Supply Pump ;

Для забезпечення адекватного опису процесу паливоподачі в моделі прийнято ряд припущень, пов'язаних з алгоритмами роботи окремих елементів, що задаються середовищем програмування. Найбільш суттєві з них полягають у наступному.

Насоси високого тиску (5.1,5.2-Supply Pump) функціонально представляють в моделі як джерела палива з постійним тиском на виході, що задається в параметрах даного пристрою.

Блок управління уприскуванням 2 є найбільш відповідальним пристроєм, що задає основні параметри впорскування : фази, тиск , циклову подачу. Ці функції в моделі реалізовані гідроциліндром зі складу прототипів розрахункового пакета. Його конструктивне виконання і алгоритм дії відповідає реальному БУВ.

Двопозиційний клапан 3 представлений в моделі автономним пристроєм з числа прототипів пакета. Його робочі функції зводяться до двох варіантів з'єднання вхідних A,B і вихідних P,T портів . Управління здійснюється подачею напруги на котушку соленоїда, повернення у вихідне положення - пружиною. На схемі клапан зображений в закритому стані.

Незважаючи на конструктивні відмінності з реальним клапаном БУВ, функціональні параметри ідентичні.

З числа елементів моделі форсунки 4 повністю відповідають по конфігурації і параметрів реального компоненту системи.

Паливні насоси високого тиску 5 в моделі забезпечують постійний тиск палива на вході в акумулятор. Робочий процес реального ТНВТ системи в розрахунку не розглядається . Таке допущення цілком виправдано, так як під час роботи системи він не має прямого впливу на процес впорскування.

На схемі нанесені умовними позначеннями точки реєстрації параметрів впорскування: тиску палива і переміщення робочих елементів. Осцилограми цих величин наведено на рис. 2.

Вихідними даними на момент запуску програми є наступні параметри:

- ▪ тиск палива на всіх ділянках , починаючи з акумулятора, включаючи порти A,P, становить 800 бар;
- ▪ тиск за клапаном, включаючи форсунки, дорівнює 100 бар;
- ▪ форсунки закриті, поршень БУВ знаходиться в крайньому положенні з боку штока на упорі.

На осциллограммах рис. 5 і схемі моделі рис.4 представлені наступні параметри (цифри, обведені):

1- тиск палива на вході в клапан 3 порт A ;
2- тиск в акумуляторі 1;
3- тиск у робочій порожнині БУВ 2;
4,5-тиск в каналі форсунки (4.1,4.2);
6,7 – тиск на вході у форсунку;
8,9 – підйом голки форсунки;
11 – переміщення поршня БУВ;
12 - тиск на виході клапана - порт T,
13 - швидкість переміщення дозуючого поршня БУВ.

Аналіз роботи окремих елементів системи і відбуваючихся в них процесів може бути проведений із застосуванням осцилограм і схеми моделі .

Під час запуску програми спостерігаються два явища.

Під дією різниці зусиль, що діють на поршень, відбувається його переміщення в межах пружної деформації упору. На зміщення реагує датчик (13) швидкості руху поршня БУВ (від+ 0,3 до -0,1 м/с). Це призводить до появи загасаючих коливань тиску (11) в буферній порожнини БУВ 3 з максимальною амплітудою в діапазоні 766-830 бар.

Подібний процес (3) з меншою інтенсивністю спостерігається в робочій порожнині БУВ. Початковий імпульс тут негативний. В акумуляторі 1 хвиля тиску (2) з буферної порожнини БУВ викликає незначні коливання. Подібне ж зазначається щодо тиску у всіх елементах, що мають гідравлічну зв'язок: від акумулятора 1 до порту А клапана 3 (осцилограми (2) і (1)).

Інша частина системи від порту Т клапана 3 до каналу форсунок 4 (осцилограми (12)- (4,5)) на те, що відбувається не реагує оскільки вона відокремлена клапаном 3.

Процес вприскування починається з подачі напруги на соленоїд клапана 3 і з'єднання портів А,Т на куті повороту φ=120 оПКВ. В результаті ділянка системи, яка перебував під робочим тиском 800 бар, підключається до трубопроводів високого тиску, що з'єднують БУВ з форсунками.

Це викликає зміну параметрів всіх елементів системи.

Тиск на виході з клапана (12) у порту Т підвищується від100 до 625 бар і залишається на цьому рівні протягом усього часу впорскування. Далі хвиля поширюється по трубопроводу високого тиску до форсунок. У кожній форсунці піднімається голка (8), (9), досягаючи упору і залишаючись у цьому положенні.

Процес впорскування характеризується стабільним станом всіх параметрів. Це відноситься як до положення голки, так і тиску палива. Останнє становить: на вході у форсунку (6),(7) 525 бар, а в каналі (4),(5) 527 бар. Практично ці величини співпадають.

Хід процесу паливоподачі визначається явищами, що відбуваються в БУВ. В результаті відкриття клапана тиск у робочій порожнині знижується (3) з початкового 800 бар до 672. У результаті співвідношення сил, що діють на поршень, змінюється, і зусилля з боку буферної порожнини викликає рух поршня. Тиск в буферній порожнині при цьому знизився, склавши 772 бар. Можна відзначити, що такий же тиск підтримується і в акумуляторі, завдяки мінімальній довжині каналу, що з'єднує ці елементи системи.

З початком руху поршня піднімаються голки форсунок (8,9), і впорскується паливо. При цьому тиск в елементах форсунок досягає таких значень: на вході (6,7) 526 бар, практично такий ж самий у каналі (4,5)- 527бар.

Основний компонент, який формує подальший процес впорскування, БУВ реагує наступним чином. Тиск у робочій порожнині і буферної порожнини БУВ залишається постійним на зазначеному вище рівні. Під дією перепаду тиску поршень переміщується (10), витісняючи паливо з робочої порожнини БУВ у форсунки. Повний хід поршня становить 20,4 мм протягом кута повороту $\varphi_п$=32,1 ^{o}ПКВ (діапазон 120,6-152,7 ^{o}ПКВ), що відповідає часу $\tau_п$= 89 мс. Середня швидкість поршня БУВ за період подачі дорівнює за даними програми (13) $v_п$=0.234 м/с.

Основні параметри, що визначають функціональні властивості системи, наступні : кут впорскування $\varphi_{вп}$ = 33.6 °ПКВ, циклова подача $q_ц$ = 43,8 г на кожну форсунку. Тиск палива у форсунці, що характеризує параметри розпилювання та закон подачі, становив, як зазначалося вище, $p_ф$ = 527 бар.

Для закінчення впорскування знеструмлюється соленоїд клапана 3, і він повертається у вихідне положення, з'єднуючи порти А-Р і В-Т. Це відбувається на куті повороту 152,7 °ПКВ. В результаті, тиск на ділянці клапан –форсунки знижується до вихідної величини : порт Т - з 625 до 100 бар (12). Аналогічним чином змінюється тиск на вході в клапан (1). Він зростає до початкового 800 бар з проміжною ділянкою на рівні 745 бар.

Близький характер має зміна тиску в найближчому до клапана елементі - робочій порожнини БУВ. Відмінність значень (3) не перевищує 5 бар, повторюється й ступінчаста форма графіка.

В буферній порожнини БУВ осцилограма тиску (11) також на ділянці підвищення під час закінчення впорскування містить проміжну ділянку. При цьому, однак, його рівень дещо вище встановленого значення (806 бар в порівнянні з 800 бар). Простежується також момент виходу поршня БУВ на упор у крайньому положенні. Видимим є коливальний процес на кривій тиску.

І, нарешті, щодо найбільш віддаленого від клапана 3 елемента - акумулятора 1. Тут лінія тиску (2) повторює осциллограму (11), зберігаючи форму і в межах 5 бар - величини тисків.

Описаної фазі процесу паливоподачі в диапазон150-190 °ПРВ відповідає також зворотний рух поршня (10) з помітно меншою, ніж за прямого ходу швидкістю: $v_п$ = 0,197 м/с в порівнянні з 0,234 м/с.

Решта часу циклу паливоподачі до 360°ПРВ характеризується стабільним станом всіх елементів системи. Тиски зберігаються на рівні початкових значень, а клапан і форсунки залишаються закритими.

Висновки

Паливна апаратура сучасних суднових дизелів характеризується переходом на комп'ютерне програмне управління, що забезпечує спільно зі зміною конфігурації гідромеханічного виконання вільне завдання параметрів паливоподачі.

Представлена функціональна схема акумуляторної системи впорскування палива Common Rail широко поширених на морському флоті двигунів типу RT-flex.

Складена розрахункова модель системи та наведено результати імітаційного моделювання. Описані процеси в основних елементах системи та визначені параметри впорскування.

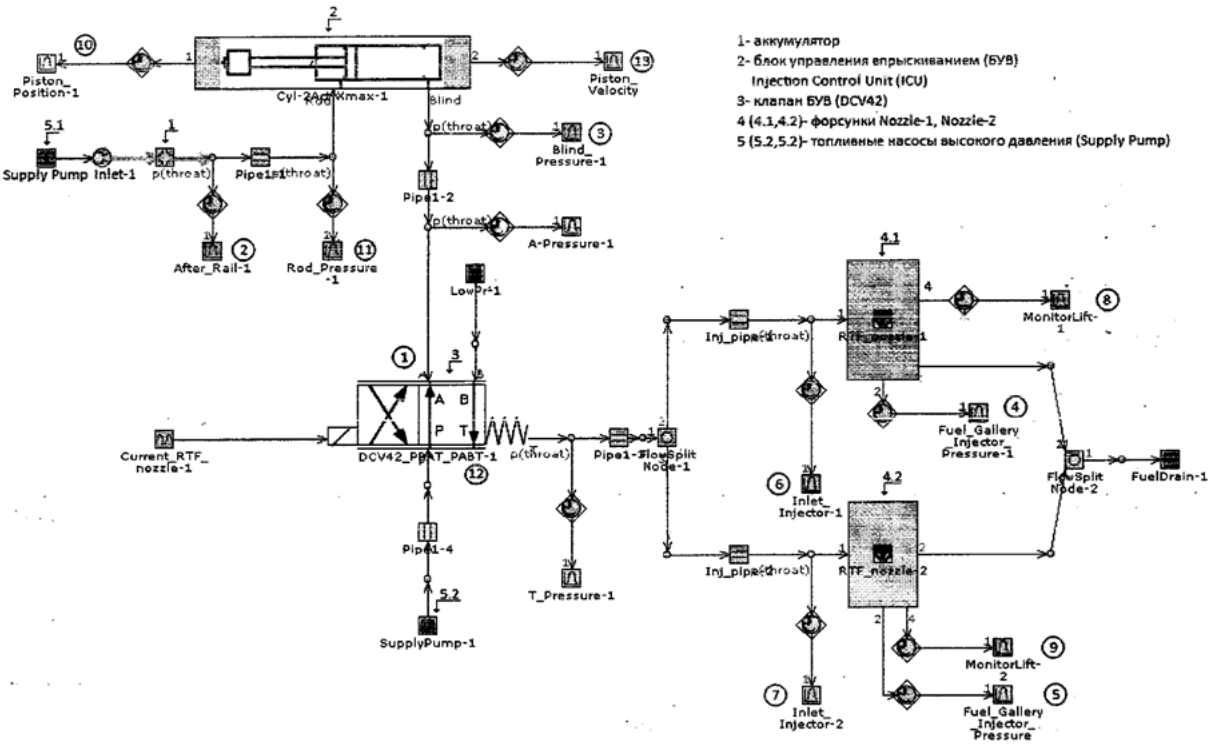


Рис.4. Розрахункова схема акумуляторної системи впорскування палива Common Rail двигуна RT-Flex: (№) – точка виміру

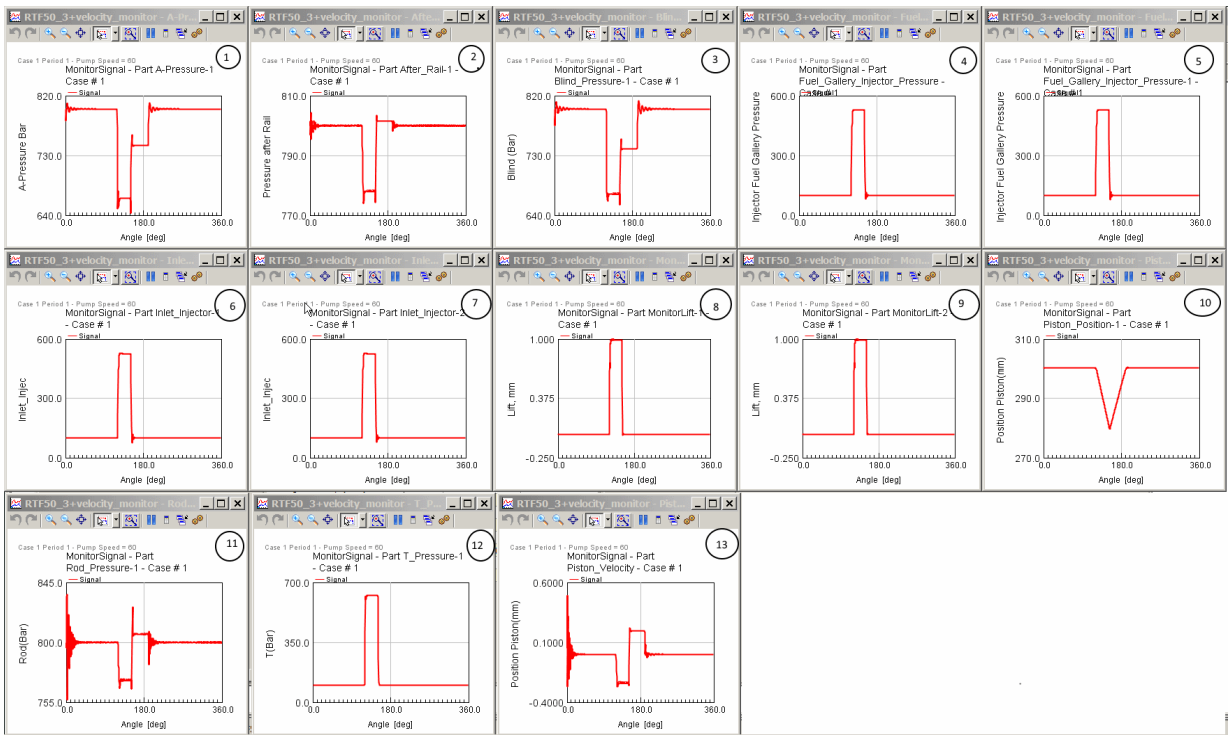


Рис.5. Параметри процесу паливоподачі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Shen Haosheng, Zhang Jundong , Cao Hui. Visualization Simulation Research of Fuel Common Rail System of Marine Intelligent Diesel Engine. Information Technology Journal 13 (9): 1648-1655, 2014

2. Фомин Ю. Я. Гидродинамический расчёт топливных систем судовых дизелей.- М.: Морской транспорт,1959.- 84 с.

3.Фомин Ю. Я. Топливная аппаратура судовых дизелей. М: Транспорт, 1966.- 240 с.

4. Топливная аппаратура дизелей: Справочник/ Ю.Я. Фомин Ю. Я., Г.В.Никонов, В.Г.Ивановский.- М.: Машиностроение, 1982.- 168 с.

УДК 621.431.74

Половинка Е.М., Яковенко А.Ю.
Національний університет «Одеська морська академія»

Експлуатаційні випробування системи контролю дизелів на базі комбінованих вимірювальних перетворювачів

Одним з перспективних напрямків розвитку систем контролю робочих процесів дизелів є використання комбінованих вимірювальних перетворювачів на базі конструктивних елементів двигуна. Таке рішення не вимагає застосування окремих датчиків і забезпечує безперервний контроль розглянутих параметрів. Можливий автоматизований аналіз характеристик процесів з включенням в загальну систему АПС двигуна, а в перспективі створення адаптивної системи контролю, що забезпечує оптимальне управління двигунами.

З появою малогабаритних електронних компонентів вимірювальних пристроїв з'явилася можливість створення датчиків, вбудованих в конструктивні елементи двигунів.

Для ВОД набула поширення практика підключення датчика тиску до камери згоряння через свічки розжарювання, що не вимагає модернізації головки циліндрів. Однак п'єзоелектричні вставки в свічки розжарювання є недостатньо стабільними і довговічними внаслідок впливу таких факторів, як робота клапанів і форсунок, вібрація двигуна, момент затягування різьбового кріплення свічок, зміна температурного режиму двигуна, знос і пошкодження деталей.

Від цих недоліків вільна оптоволоконна технологія (Fiber-Optic Pressure Sensors) , розроблена фірмою Optrand [1], за якою вимірювальна діафрагма не контактує з оптоволокном (рис.1). Крім того, оскільки чутливий елемент, заварений в підігрівач, не має рухомих частин і попереднього навантаження,

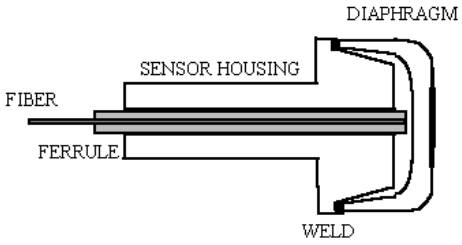


Рис. 1. Чутливий елемент оптоволоконного датчика

то на нього не діють негативні фактори, пов'язані з роботою двигуна. В результаті отримують високу точність на всіх кутах повороту колінвалу, за всіх

умов роботи двигуна і малих тисках, що забезпечує найбільш досконалу стратегію управління двигуном.

На кафедрі СЕУ НУ «ОМА» розроблена вимірювальна система для контролю робочих процесів на основі комбінованих вимірювальних перетворювачів. В якості базового варіанту прийнято стеження за паливоподачею (упорскуванням палива). Найбільш інформативним для цього процесу є тиск в паливному насосі високого тиску (ПНВТ).

Дослідження проведені стосовно суднового середньообертного дизеля ЧН25/34. Його паливна апаратура має наступні основні параметри: ПНВТ золотникового типу з регулюванням за рахунок кінця подачи;

диаметр і хід плунжера 16 мм;

форсунка неохолоджувана, сопловий апарат має 9 отворів Ø 0,35 мм.

Під час вибору реєстрованого параметра базового конструктивного елемента системи впорскування палива перевагу було віддано тиску палива в ПНВТ, як найбільш інформативного параметру процесу паливоподачі. З елементів ПНВТ в якості базового елемента для комбінованого вимірювального перетворювача прийнята шпилька кріплення, що з'єднує фланець насоса з полицею розподільного валу. Шпилька сприймає зусилля, викликані тиском палива.

Вимірювальний перетворювач зібраний з використанням тензометричних елементів – дротяних тензодатчиків типу ПКБ. Креслення шпильки, обробленої для монтажу тензодатчиків, і загальний вид вимірювального перетворювача в зборі представлені на рис.2,3. Перетворювач названий «шпилька-датчик» - «Ш-Д».

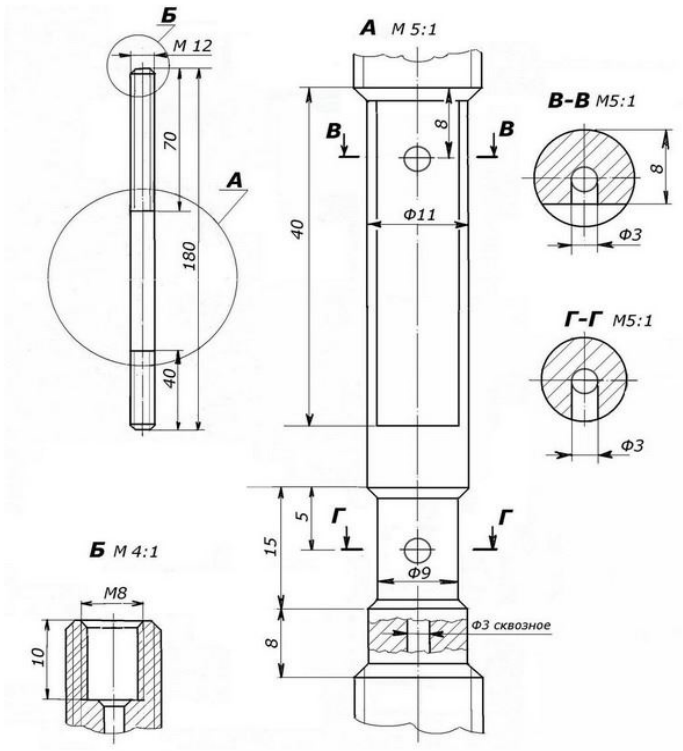


Рис. 2. Шпилька, препарована для монтажу тензорезисторів

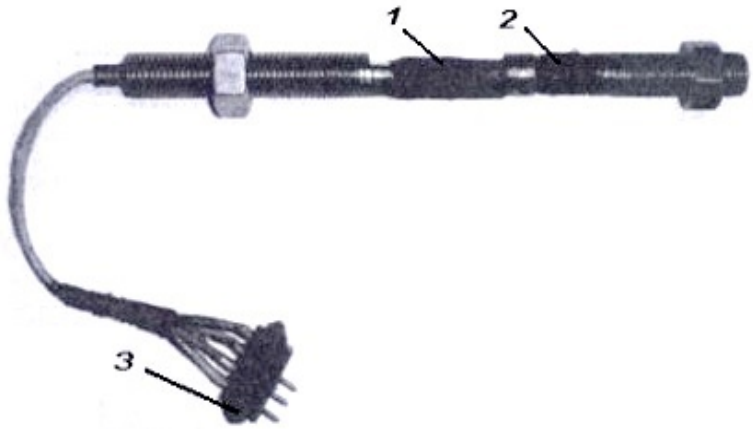


Рис. 3. «Шпилька-датчик» у зборі: 1-активні датчики,
2 - компенсаційні датчики, 3 - електричний роз'єм

Основні метрологічні характеристики вимірювальної системи з комбінованим датчиком тиску визначені шляхом випробувань на безмоторному стенді. Проведено порівняння осцилограм тиску в ТНВД, записаних з допомогою базового і комбінованого датчиків.

Розміщення «Ш-Д» на ПНВТ при випробуваннях на безмоторному стенді показано на фотографії рис. 4.

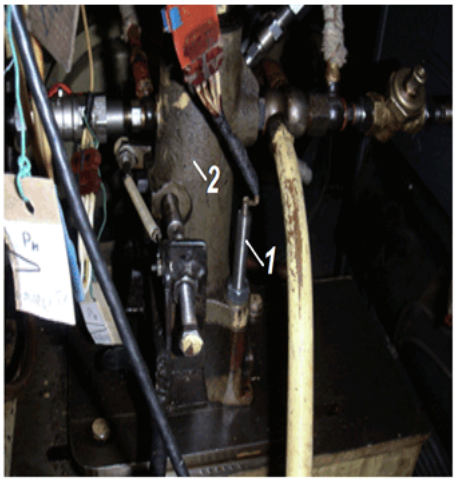


Рис. 4. Датчик тиску палива («Ш-Д») на ПНВТ безмоторного стенду: 1 — датчик-шпилька,
2 — ПНВТ

Дані контролю параметрів паливоподачі, отримані за допомогою базового та експериментального датчиків, рівноцінні для всіх експлуатаційних режимів, за винятком мінімальних частот обертання з дрібним упорскуванням.

Подальші роботи по реалізації систем контролю робочих процесів з комбінованими вимірювальними перетворювачами полягали в розробці експериментального суднового варіанта такої системи.

Створено електронний модуль, з основною функцією тензометричного підсилювача. Укомплектована реєструюча апаратура. Розроблено програмне забезпечення для систем контролю дизелів - СКД. Спроектовані і виготовлені вимірювальні перетворювачі (датчики) для двох параметрів: тиску палива в ПНВТ і тиску газів в циліндрі.

Датчики конструктивно відповідали даним двигунів, на яких передбачалися випробування СКД. Це середньообертові двотактні двигуни Д30/50 з наступними характеристиками: діаметр циліндра 300 мм, хід поршня 500 мм; номінальна частота обертання 300 об/хв; номінальна потужність 441 кВт.

Робота виконана на двох суднах – морських буксирах т/х«Марс» і «Тайфун», де зазначені дизелі використовуються в якості головних. На першому проведена перевірка збирання датчиків і первинний запуск СКД.

На т/х«Тайфун» здійснено повномасштабний запуск системи. Компоненти випробуваного експериментального варіанту СКД представлені на фотографії рис. 5.

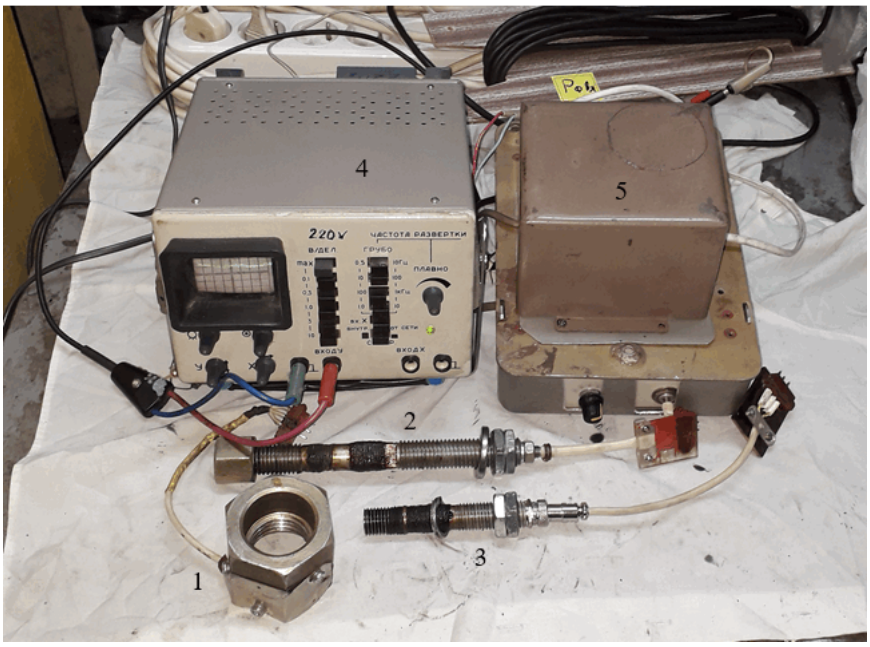


Рис. 5.Склад системи контролю дизелів на базі комбінованих перетворювачів тиску:1 - датчик тиску газів Г-Д; 2--датчик тиску палива в ПНВТ основний Ш-До; 3- датчик тиску палива в ПНВТ короткий Ш-Дк; 4 – осцилограф; 5 – підсилювач

До складу системи входили два варіанти датчика тиску палива в ПНВТ 2,3 – комбінованих вимірювальних перетворювачів на базі шпильок кріплення ПНВТ. Один з них основний (Ш-До) 2 більшої довжини створений на базі шпильки кріплення головки насоса, інший укорочений 3 поєднує функції монтажу фланця ПНВТ.

Для запису тиску газів виконано датчик 1 на базі гайки (Г-Д) кріплення кришки циліндра.

Система включає також осцилограф 4 для реєстрації контрольованих процесів і тензометричний підсилювач 5. Для запису параметрів використаний також персональний комп'ютер.

Розміщення датчиків на двигуні 6Д30/50 т/х «Тайфун показано на рис.6,7.

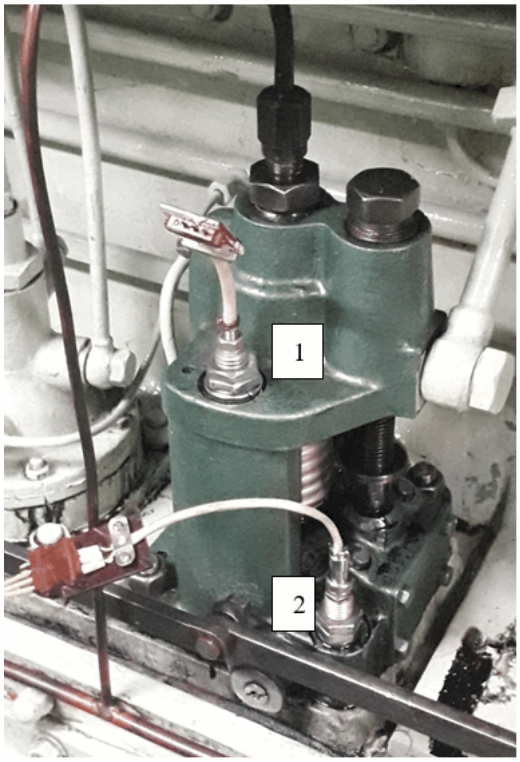


Рис. 6. Датчики тиску палива на ПНВТ:1 – основний Ш-До, 2 – короткий Ш-Дк

Рис. 7. Датчик тиску газів на кришці циліндра:1 – датчик тиску газів

Запис тиску газів в циліндрі палива в ТНВД проходив отже по одному каналу на двох режимах:

▪ на холостому ходу (з нульовим розворотом ВРШ) при частоті обертання 200 об/хв;

▪ за 300 об/хв з нульовим кроком ВРШ і навантаженням валогенератора 8 кВт.

При випробуваннях фіксувалися наступні параметри:

▪ тиск газів в циліндрі датчиком Г-Д;

▪ тиск палива в ТНВД основним датчиком Ш-До;

▪ тиск палива в ТНВД коротким датчиком Ш-Дк.

Осцилограми тиску в ТНВД і тиску газів фотографувались з екрану аналогового осцилографа. Запис вівся безперервно протягом декількох обертів. Ос-

цилограми, наведені нижче, є вибіркою з кілограм. Поряд з фотографіями дано їх копії.

Приклад запису тиску газів, виконаного за допомогою ПК, показаний на рис. 8. На діаграмі чітко проглядаються характерні точки: тиск у момент початку видимого згоряння, максимальний тиск згоряння. Можна оцінити динамічність робочого процесу.

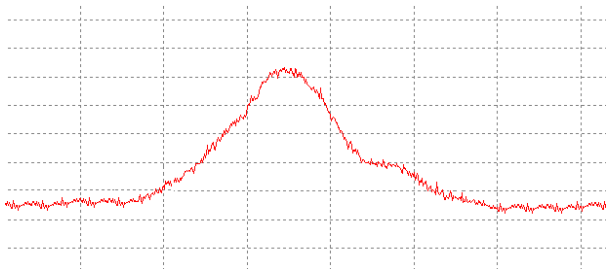


Рис. 8.Запис на ПК тиску газів

Інші осцилограми (рис. 9-14) отримані шляхом кінозйомки з екрану осцилографа. З них перші чотири відображають тиск палива в ПНВТ. Запис виконаний двома датчиками Ш-Д: основним Ш-До рис. 9,10 і з меншою довжиною Ш-Дк рис. 11,12.

Запис Ш-До переважніший, як за рівнем сигналу, так і за відсутністю суттєвих перешкод. Очевидно, велике навантаження на даний датчик визначає його велику чутливість

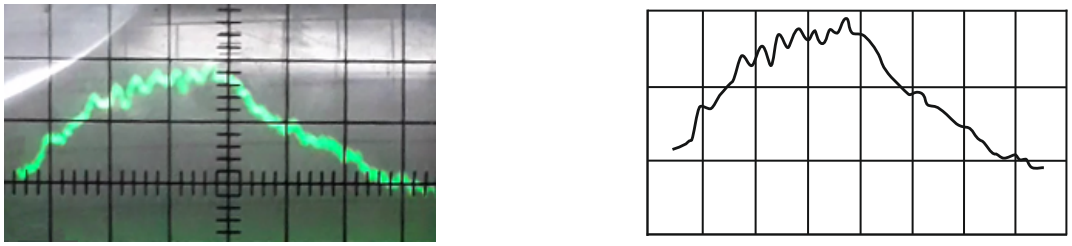


Рис. 9. Тиск палива на х.х.за 200 об/хв - Ш-До

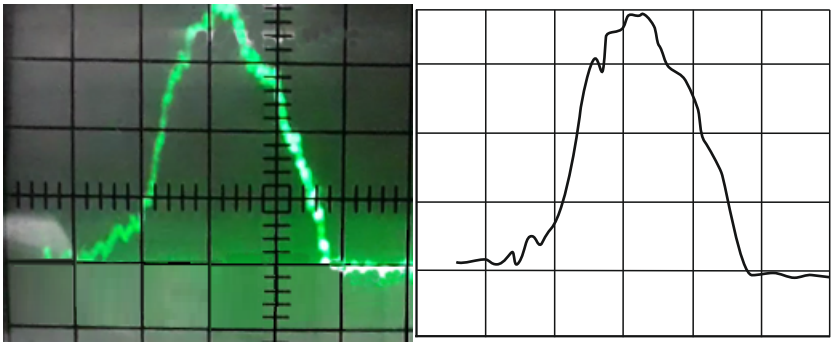


Рис. 10. Тиск палива за 8 кВт,300 об/хв - Ш-До

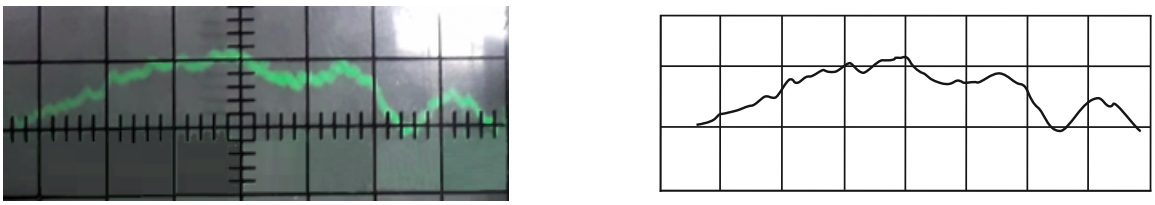


Рис.11. Тиск палива на хх,200 об/хв - Ш-Дк

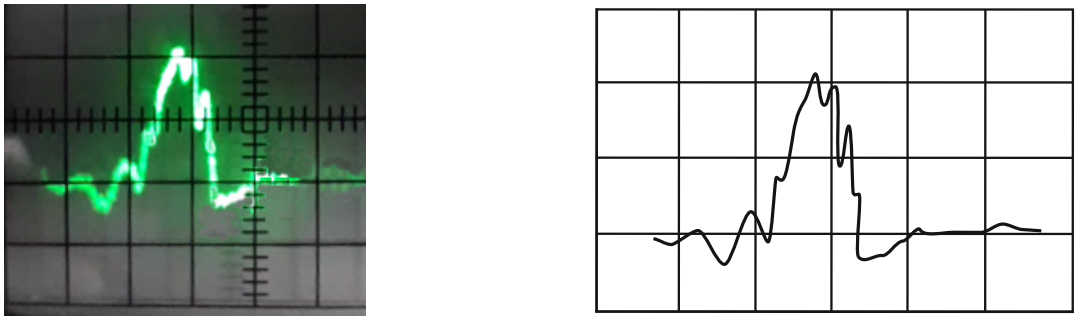


Рис.12. Тиск палива за 8 кВт,300 об/хв - Ш-Дк

Під час запису процесу впорскування в ПНВТ і робочого процесу є можливість перетворення осцилограм для більш детального аналізу окремих ділянок або отримання необхідної форми для її документування. Це досягається зміною частоти розгортки і масштабу при виведенні на екран осцилографа. Додаткові можливості в цій галузі виникають під час редагуван-ня зображення на комп'ютері.

Осцилограми робочого процесу в циліндрі (рис. 13, 14) є розгорнутими індикаторними діаграмами. Якість реєстрації забезпечує отримання необхідної інформації про характеристики процесів, що формують робочий цикл: стиску, згоряння, розширення.

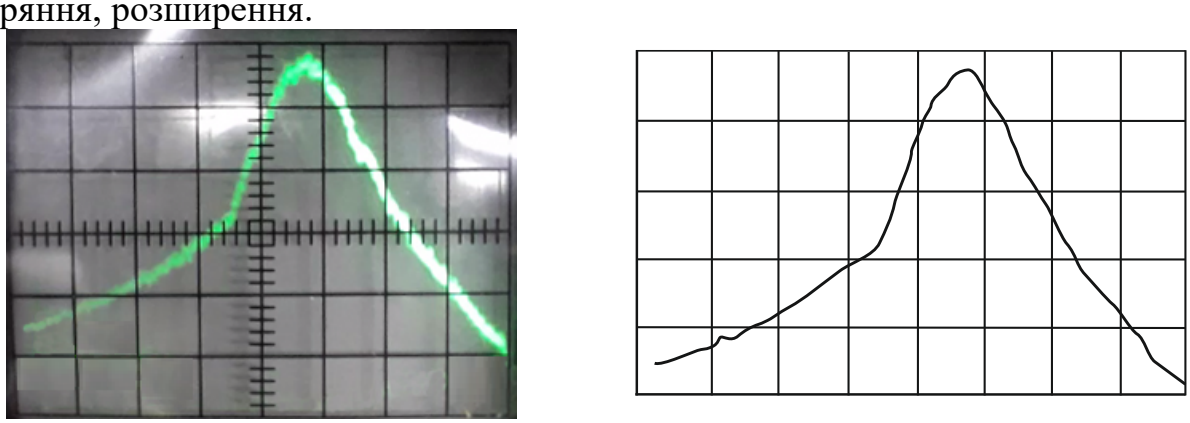


Рис.13. Тиски газів на хх_за 200 об/хв. - датчик Г-Д

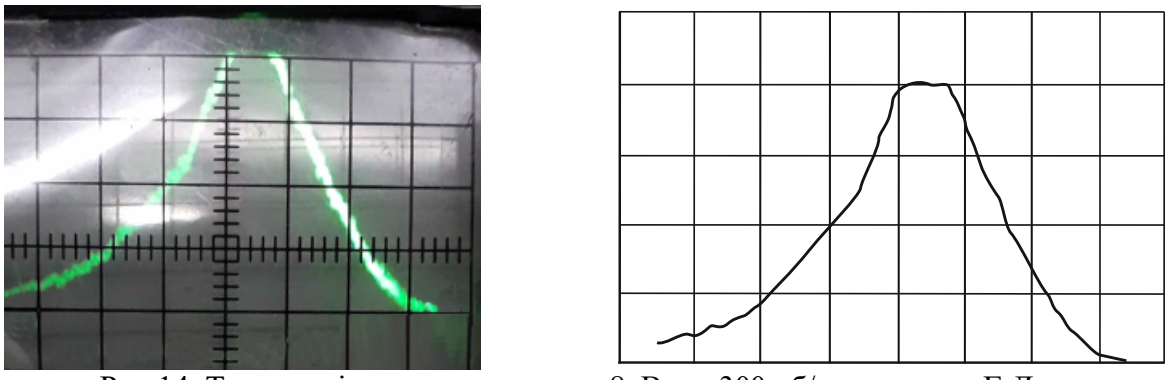


Рис.14. Тиски газів з навантаженням 8кВт за 300 об/хв. - датчик Г-Д

Висновки

Суднові випробування дослідних варіантів СКД на базі комбінованих вимірювальних перетворювачів підтвердили на якісному рівні (без чисельних параметрів) можливість її застосування для реєстрації паливоподачі і робочого процесу суднових дизелів.

Виконане і основне завдання – перевірка працездатності системи і якості реєстрації робочих процесів двигуна при використанні комбінованих перетворювачів як датчиків високого тиску палива і газів у циліндрі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Tom Poorman, Jacob Arnold, Terry Coleman and Marek T. Wlodarczyk. Long-life fiber-optic pressure sensors for reciprocating machinery monitoring. Optrand, Inc.46155 Five Mile Rd., Plymouth, MI 48170, USA.

УДК 621.431.74

Половинка Е.М.
Національний університет «Одеська морська академія»

Слободянюк М.В.
Інститут Військово-Морських Сил Національного університету “ОМА”

Динамічні випробування системи паливоподачі суднового середньобертового дизеля

Використання комп'ютерних технологій дозволяє по-новому розв'язувати завдання під час вивчення робочих процесів у різноманітті видів енергетичного встаткування. Ці тенденції притаманні й галузі суднової енергетики, зокрема, її частині, що вивчає двигуни внутрішнього згоряння.

У даній статті представлені створення апаратно-програмного комплексу на базі безмоторного стенда і результати його застосування для різного роду випробувань систем паливоподачі дизелів.

Під час дослідження процесів упорскування палива в дизелях предметом вивчення є гідродинаміка й робота механічних елементів паливної апаратури. При цьому традиційно реєструються як тиски палива в різних елементах системи упорскування так і переміщення деталей та фазових параметрів [1].

Дослідження з питань розвитку методики досліджень систем упорскування були виконані на кафедрі суднових енергетичних установок (СЕУ) Національного університету “Одеська морська академія” (НУ“ОМА”).

У якості результатів використання проведених розробок у даній доповіді розглядаються дослідження несталих режимів системи упорскування суднового середньобертового дизеля, сполучені з побудовою навантажувальної характеристики. Випробування проведені в динамічному режимі на безмоторному стенді, який був обладнаний приладом для переміщення рейки ПНВТ.

Загальний вигляд стенду з комплектом паливної апаратури двигуна ЧН25/34, обладнаним датчиками, наведений на рис.1

Під час експериментального дослідження реєструвалися наступні параметри:

− тиск палива у штуцері паливного насоса $p_н$;
− тиск палива у 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 ПНВТ $m_р$;
– затягування голки форсунки під час випробування складало 70 бар.

Рис. 1. Система упорскування палива з датчиками, розташованими на безмоторному стенді:

1 – форсунка; 2 – паливний насос високого тиску (ПНВТ); 3 – пристрій, який керує переміщенням рейки ПНВТ; 4 – електродвигун; 5 – станція керування електродвигуном; 6 – датчик тиску ПНВТ.

Програма експерименту (ділянки навантажувальної характеристики) і параметри руху рейки ПНВТ представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика переміщення рейки ПНВТ
під час моделювання перехідного процесу

Номер ділянки та вихід рейки, $m_р$, мм	Відстань, яку пройшла рейка, мм	Час переміщення рейки, с.	Швидкість рейки, мм/с	Номер циклу наприкінці переміщення рейки
I – 5–25	20	0,44	45,49	5
II – 25–10	15	0,309	48,54	19
III – 10–20	10	0,2259	44,27	32
IV – 20–15	5	0,1085	46,08	45
V – 15–05	10	0,2264	44,17	58

Випробування проведені в наступній послідовності. Після запуску стенда встановлювалася частота обертання розподільного валу np = 250 про/хв. При стабілізації частоти обертання запускалася програма Lgraph, яка відображала на екрані процеси налаштування, прийому та запису даних параметрів паливо-

подачі. Одночасно активувався модуль керування переміщенням рейки ПНВТ Reikaxp. По закінченню програми експерименту (зупинці Reikaxp) при фіксованому кінцевому виході рейки $m_р$ і стабілізації частоти обертання припинявся запис параметрів системи паливоподачі.

У результаті обробки осцилограм побудовані графіки, які показані на рис. 2. Криві тиски $p_н$, $p_{ф.вх}$, $p_{ф.к}$, кута повороту розподільного валу $\varphi_{вп}$, частота обертання розподільного валу $n_р$, руху рейки ПНВТ $m_р$ побудовані залежно від часу з моменту початку записів й номера циклів. Ділянки переміщення рейки позначені номерами I–V.

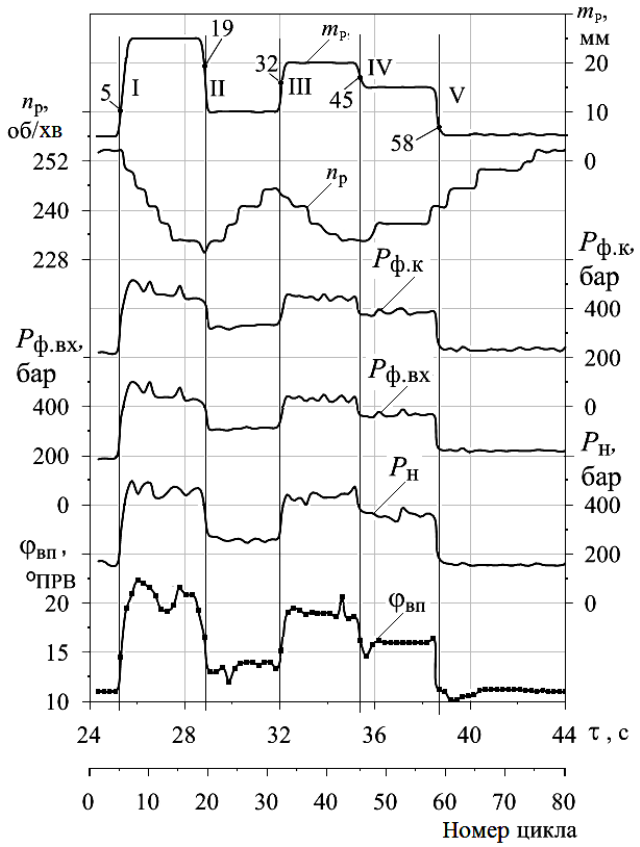


Рис. 2. Параметри паливоподачі на режимах навантажувальної характеристики при динамічних випробуваннях:

ділянки й положення рейки: 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

Тривалість експерименту склала 44 с., 80 циклів упорскування й п'яти ділянок руху рейки ПНВТ. На кожній ділянці руху рейки ПНВТ був один цикл упорскування, що відбувається в умовах переміщення рейки. Характеристика переміщення рейки ПНВТ по ділянках представлена в табл. 1.

Слід зазначити, що в умовах експерименту параметри паливоподачі змінювалися одночасно з переміщенням рейки.

Параметри упорскування палива на ділянках руху рейки зведені в табл. 2.

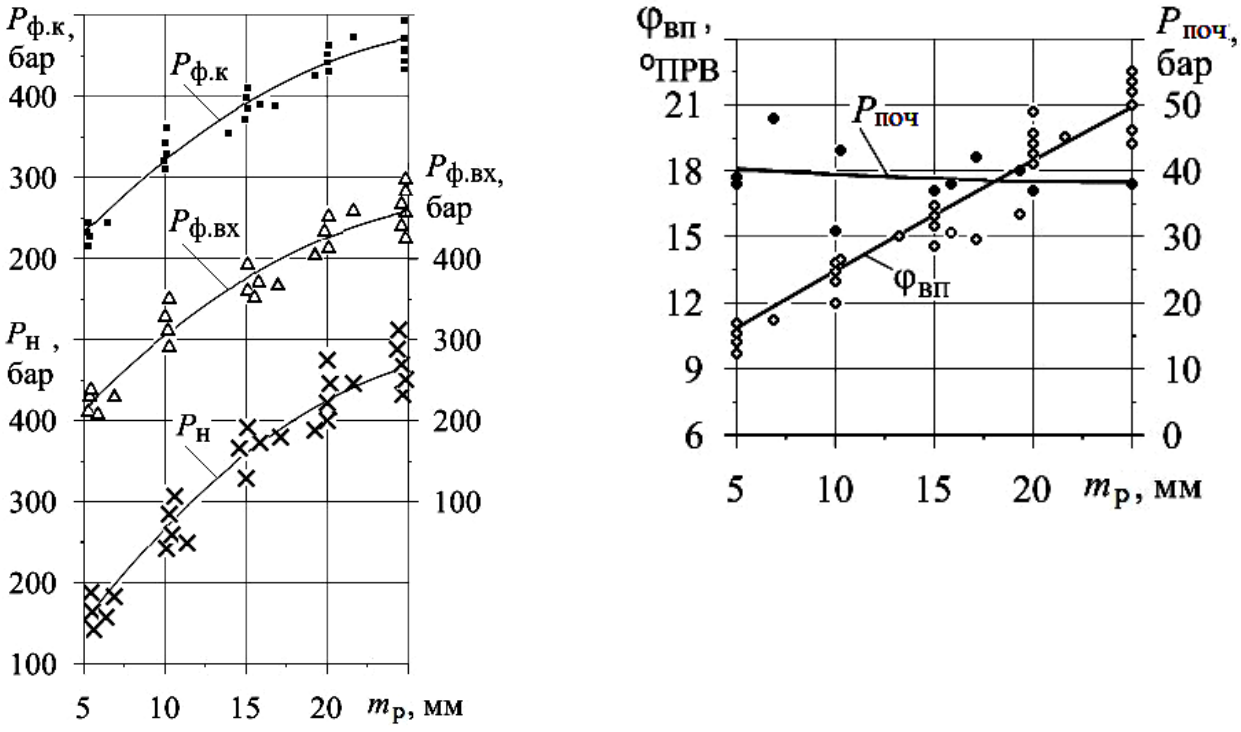
Графічна уява отриманої навантажувальної характеристики, побудованої відповідно до даних табл. 2, показана на рис. 3, *а*, *б*. Її хід відображає ріст усіх параметрів паливоподачі зі збільшенням виходу рейки $m_р$.

Візуальний аналіз розподілу крапок, які вивчаються показано на графіках рис. 3, що свідчить про коректну уяву існуючих залежностей апроксимуючими кривими.

Таблиця 2

Параметри навантажувальної характеристики при динамічних випробуваннях

Ділянка перехідного режиму	Номер циклу	$p_н$, бар	$p_{ф.вх}$, бар	$p_{ф.к}$, бар	$\varphi_{вп}$, ПРВ	$p_{нач}$, бар	Положення рейки, $m_р$, мм	Частота обертання, $n_р$, об/хв
I	4	152	190	216	10,0	33,3	5	255
	5	284	349	364	14,0	35,9	10,3	255
	6	445	457	474	19,5	33,7	25	250
II	18	469	427	441	19,3	37,6	25	232
	19	388	403	425	16,0	34,8	19,3	230
	20	271	304	316	13	32,4	10	232
III	31	259	314	334	13,3	22,7	10	245
	32	377	375	387	15,2	33,2	15,9	244
	33	442	444	459	19,1	37,8	20	243
IV	44	475	442	450	18,6	36,5	20	233
	45	379	364	376	14,9	37,2	17,1	233
	46	367	361	376	14,6	30,7	15	233
V	57	356	369	390	16,4	31,5	15	241
	58	183	228	251	11,2	45,7	6,9	241
	59	162	222	232	10,6	35,7	5	241



а б

Рис. 3. Залежність параметрів паливоподачі від положення рейки паливного насоса високого тиску (ПНВТ) у динамічному режимі:

а – для $p_{ф.к}$, $p_{ф.вх}$, $p_н$; б – для $p_{поч}$, $\varphi_{вп}$

Навантажувальна характеристика системи паливоподачі, отримана в динамічному режимі, представлена на рис. 3, *а*, *б*. Чисельні значення параметрів, як зазначено вище, наведені в табл. 2.

Для $p_{ф.к}$, $p_{ф.вх}$, $p_н$ крапки згруповані в п'ятьох галузях, відповідних до положень переміщення рейки (рис. 3, *а*). Аналогічні ділянки значень кутів упорскування $\varphi_{вп}$ представлені на рис. 3, *б*.

При мінімальному виході рейки $m_р$=5 мм тиск палива $p_{ф.к}$ змінюється від 216 до 222 бар при середньому значенні 219 бар. Відповідна величина $\varphi_{вп}$ від 10 до 11°ПРВ (у середньому 10,75°ПРВ). При максимальному $m_р$=25 мм діапазон $p_{ф.к}$ склав 474–516 бар, у середньому 470 бар. Кут упорскування $\varphi_{вп}$=19,5–22 °ПРВ, а середнє значення–20,64°ПРВ.

Графік залежності початкового тиску $p_{поч}$ від переміщення рейки представлений на рис. 3, *б*. Його середня величина для всіх значень представляється практично горизонтальною прямою, що відповідає 40 бар, при відносно широкому діапазоні зміни окремих величин: від 22,7 до 45,7 бар.

Характер осцилограм переміщення голки форсунки відповідає зміні тиску палива у форсунці.

У всіх трьох випадках тиску досить для чіткого підйому голки. Посадка відбувається по-різному. При виході рейки на $m_р$=25 мм посадка, як і підйом, чітка. Для вихідного значення $m_р$=5 мм і проміжного значення хід голки повторює характер зміни тиску палива й відбувається із затримкою в середній частині руху голки.

Для статистичної оцінки вірогідності експериментальних даних доцільно використовувати середньоквадратичні відхилення параметрів в абсолютних і відносних величинах, віднесених до апроксимуючих значень, представлених до відповідної кривої.

Для оцінки відхилення експериментальних значень параметрів паливоподачі від апроксимуючої кривої при різних положеннях рейки ПНВТ (рис. 3, *а*, *б*) використовуємо формули:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma(y_{екс} - y_{апр})^2}{n}}, \qquad \delta = \frac{\sigma}{y_{ср}} \cdot 100\%$$

де σ, δ – абсолютне й відносне середнє квадратичне відхилення;

$y_{екс}$ – експериментальні значення параметрів процесу паливоподачі відповідного ділянки;

$y_{апр}$ – координата апроксимуючої кривої на відповідній ділянці;

$y_{ср}$ – середнє значення параметрів процесу на відповідній ділянці;

n – повний обсяг вибірки.

У результаті отримані наступні величини: для $p_{ф.вх}$ δ=2,7 %; для $p_{ф.к}$ δ=2,6 %; для $p_н$ δ=2,9 %; для $\varphi_{вп}$ δ=3 %.

Висновки

1. Створені для дослідження програмно-апаратні засоби керування режимами, записи й обробки параметрів упорскування палива дозволили провести стендові випробування системи паливоподачі суднового середньобертового дизеля в режимі навантажувальної характеристики, а програма Reikaxp забез-

печила реалізацію плану експерименту під керуванням персонального комп'ютера.

2. При випробуваннях реалізований східчастий закон переміщення рейки у загальному робочому діапазоні із-заданими періодами знаходження в кожному положенні, що дало можливість побудувати навантажувальну характеристику системи упорскування з п'ятьма фіксованими положеннями паливної рейки насоса високого тиску, що в кінцевому рахунку дозволило одержати основні параметри паливоподачі, які склали наступні значення: $p_{ф.к}$=474–232 бар; $p_{ф.вх}$=457–222 бар; $p_н$=445–162 бар в охоплюваному експлуатаційному діапазоні положень рейки ($m_р$=25–5 мм).

3. Аналіз характеристик руху рейки ПНВТ дав можливість розв'язати завдання визначення параметрів перехідних процесів паливоподачі. Враховуючи, що час переходу рейки не перевищував 0,44 с., при часі зміни процесу упорскування (настроювання) не більше 0,22 с., можна стверджувати, що процес паливоподачі в реальних умовах перехідних режимів додержується положень рейки ПНВТ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Фомин Ю. Я., Никонов В. Г., Ивановский В. Г. Топливная аппаратура дизелей : справочник. Москва : Машиностроение, 1982. 168 с. ил.

УДК 621.431.74

Половинка Е.М.
Національний університет «Одеська морська академія»

Слободянюк М.В.
Інститут Військово-Морських Сил Національного університету “ОМА”

Програмно-апаратний комплекс для динамічних безмоторних випробувань паливної апаратури дизелів

Змінні режими суднових дизелів є невід'ємною й досить істотною частиною їх експлуатаційного періоду [1], а тому в значній мірі визначають експлуатаційні характеристики суднових енергетичних установок у цілому.

При цьому немаловажну роль у забезпеченні всіх характеристик дизелів, у тому числі й на змінних режимах, відіграють процеси паливоподачі, що дозволяє говорити про актуальність дослідження в цій області.

Для вивчення процесів упорскування палива на змінних і часткових режимах на кафедрі суднових енергетичних установок (СЭУ) Національного університету “Одеська морська академія” (НУ“ОМА”) була розроблена методика динамічних випробувань, та створений апаратно-програмний комплекс із метою керування режимами роботи й реєстрації процесів паливоподачі. Також був створений електромеханічний модуль як виконавчий блок для керування режимами навантажувальної характеристики.

Базовим устаткуванням служив безмоторний стенд, укомплектований системою упорскування палива суднового середньобертового дизеля ЧН25/34.

Для реєстрації процесів упорскування в різних елементах паливної апаратури використані датчики високого тиску. Всі датчики уніфіковані й відрізняються лише розмірами деформованого елементу. Деформація сприймається дротовими тензометричними ґратами.

Вимір лінійних і кутових переміщень здійснюється за допомогою індуктивних і фотодатчиків, які розроблені й виготовлені на кафедрі СЭУ.

Досліджувана паливна система високого й низького тиску суднового середньобертового дизеля 6ЧН25/34мала традиційні характеристики:

– форсунка закритого типу з розпилювачем 9х0,35 мм;

– золотниковий ПНВТ, діаметр і хід плунжера, який становить 16 мм;

– паливний трубопровід високого тиску довжиною 0,9 м з діаметром 9 мм і 3 мм (зовнішній і внутрішній, відповідно).

На рис. 1 представлена схема стенда. Стенд складається з рами 13 на яку встановлений електродвигун 12 зі станцією керування 11. Через муфту 10 електродвигун з'єднаний із приводом ПНВТ 9 і маховиком 6, на який установлюється випробовуваний ПНВТ 7. Для переміщення рейки ПНВТ встановлено привід 8, який підключений до програмно-апаратного комплексу керування положенням рейки ПНВТ. Паливопровід 5 з'єднує ПНВТ і форсунку 3, паливо що впорскується в приймач форсункою зливається в ємність 2. Досліджувана паливна система високого тиску додатково облаштована датчиками тиску й переміщення 4. У якості базових датчиків розглядалися тензометричні перетворювачі тиску й індуктивні датчики переміщення.

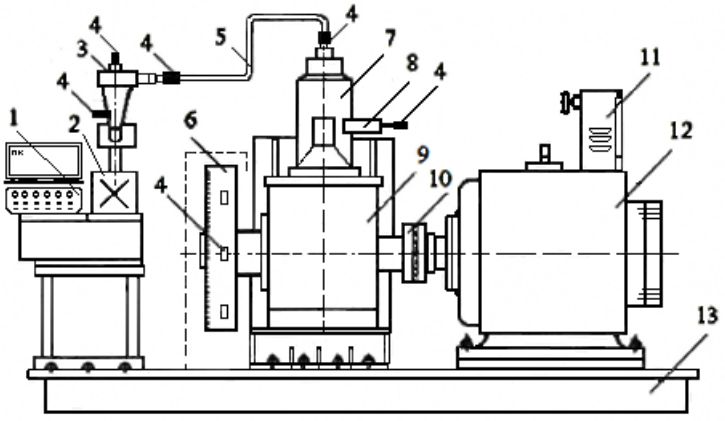


Рис. 1 Схема безмоторного стенда

1 – Тензостанція; 2 – ємність; 3 – форсунка; 4 – датчики тиску й переміщення; 5 – паливопровід; 6 – маховик; 7 – ПНВТ; 8 – привід для переміщення рейки ПНВТ; 9 – привід ПНВТ; 10 – сполучна муфта; 11 – станція керування електродвигуном; 12 – електродвигун; 13 – рама безмоторного стенда.

Датчики підключені до тензостанції 1, яка забезпечує їх живленням, приймає і перетворює у цифровий код інформацію з передачею даних на персональний комп'ютер (ПК) для наступної обробки й запису.

Зазначений стенд, здатний забезпечувати безступінчату зміну частоти обертання, а також інші режимні й регулювальні параметри, для чого був обладнаний вимірювальними й керуючими системами, що складається з:

- програмно-апаратного вимірювального комплексу (тензостанції);

- програмно-апаратного і електромеханічного комплексу керування положенням рейки ПНВТ.

Вимірювальна система, об'єднана загальною назвою «тензостанція» (ТС), містить у собі наступні функціональні блоки:

– персональний комп'ютер (ПК);
– вимірювальна установка типу LTR-U-1;
– блок комутації й підсилювачів;
– комплект програмного забезпечення.

Для забезпечення роботи вимірювальної установки LTR-U-1, що входить до складу тензостанції, був розроблений блок комутації й підсилювачів. Даний блок призначений для забезпечення живлення й посилення сигналів від тензодатчиків, включених за напівмостовою схемою й датчиків загального призначення (датчик обертання, фото датчик і то що).

ТС забезпечує реєстрацію наступних параметрів процесу упорскування та робочих пристроїв стенда:
– тиску палива;
– переміщення робочих елементів і кутів повороту обертових деталей;
– різного роду сигналів у діапазоні ±10 В.

Керування ТС забезпечується за допомогою спільної роботи двох програм:
– Ltrserver, що організовує приймання даних і передачу команд ПК до вимірювальної установки LTR-U-1 через інтерфейс USB;
– пакета Lgraph, адаптованого до умов використання в складі ТС, що дозволяє візуально налаштовувати деякі параметри ТС, а також відображати на екрані процеси налаштовування, приймання й запису даних.

Крім того для безмоторного стенда розроблений програмно-апаратний комплекс керування положенням рейки ПНВТ.

Комплекс працює під управлінням програми Reikaxp2, яка встановлена на ПК. Інтерфейс програми дозволяє задавати параметри циклограми (закону руху) рейки вручну або завантаженням з файлу вихідних даних, а також є можливість перевірити працездатність системи в покроковому режимі руху рейки на малій та великій швидкості.

Виконавчим пристроєм системи керування руху рейки є лінійний кроковий двигун (актуатор) типу SM57HT56-2804TL. Актуатор являє собою комбінацію крокового двигуна й гвинтової передачі, виконаного у єдиному блоці. Поворот ротора двигуна на певний кут приводить до пропорційного лінійного руху гвинта.

Основні характеристики актуатора:
– крок (кут повороту) 1,8° (у режимі повного кроку);
– крок (один оберт гвинта) 8 мм;
– максимальна швидкість руху валу актуатора 0,4 м/с (без навантаження).

Загальний вид пристрою керування рейкою ПНВТ на безмоторному стенді представлений на рис. 2.

Модуль збору даних m-DAQ10 з інтерфейсом USB 1.1 містить 8 каналів аналогового-цифрового перетворення, 2 каналу цифро-аналогового перетворення. Один з каналів може використовуватися як вхід лічильника, а інший – як вхід зовнішнього запуску аналогового-цифрового перетворювача або синхронізації. На контактах зовнішнього роз'єму присутні також напруги живленням +5 В та ±15 В.

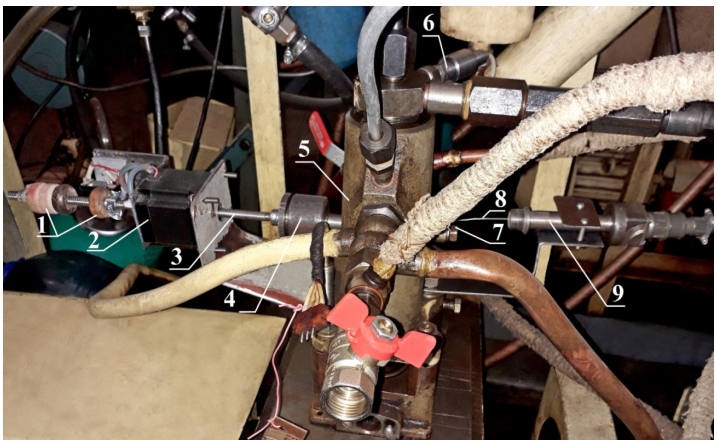


Рис. 2 Пристрій керування рейкою паливного насоса високого тиску:

1 – диски обмеження руху; 2 – кроковий двигун; 3 – вал актуатора; 4 – механізм центрування; 5 – ПНВТ; 6 – датчик тиску в штуцері ПНВТ; 7 – вузол кріплення штока; 8 – шток індуктивного датчика; 9 – індуктивний датчик руху рейки ПНВТ

До складу програмного забезпечення m-DAQ10 входить драйвер бібліотека (DLL) і приклад працює з нею, має розширення файлів LLB для середовища графічного програмування Labview і ряд віртуальних приладів – «осцилограф», «аналізатор спектра», «частотомір» і «вольтметр».

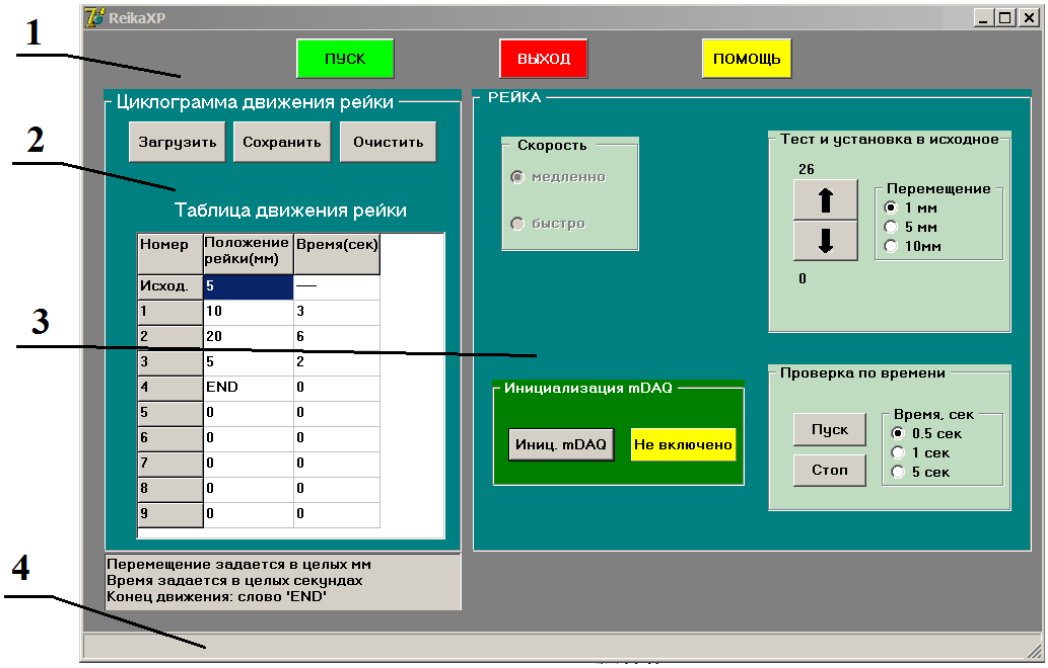


Рис. 3 Вікно керуючої програми Reikaxp2.exe:
1 – основна область; 2 – область циклограми руху рейки; 3 – область рейки; 4 – область інформаційного рядка

Рух рейки ПНВТ задавався у файлі вихідних даних для керуючої програми Reikaxp2.exe. Після запуску Reikaxp2.exe на екрані монітора з'явиться зображення (робоче вікно). Робоче вікні має чотири області рис. 3:

– перша область основна – темно-сірого кольору. У ньому розташовано три кнопки ПУСК, ВИХІД, ДОПОМОГА;

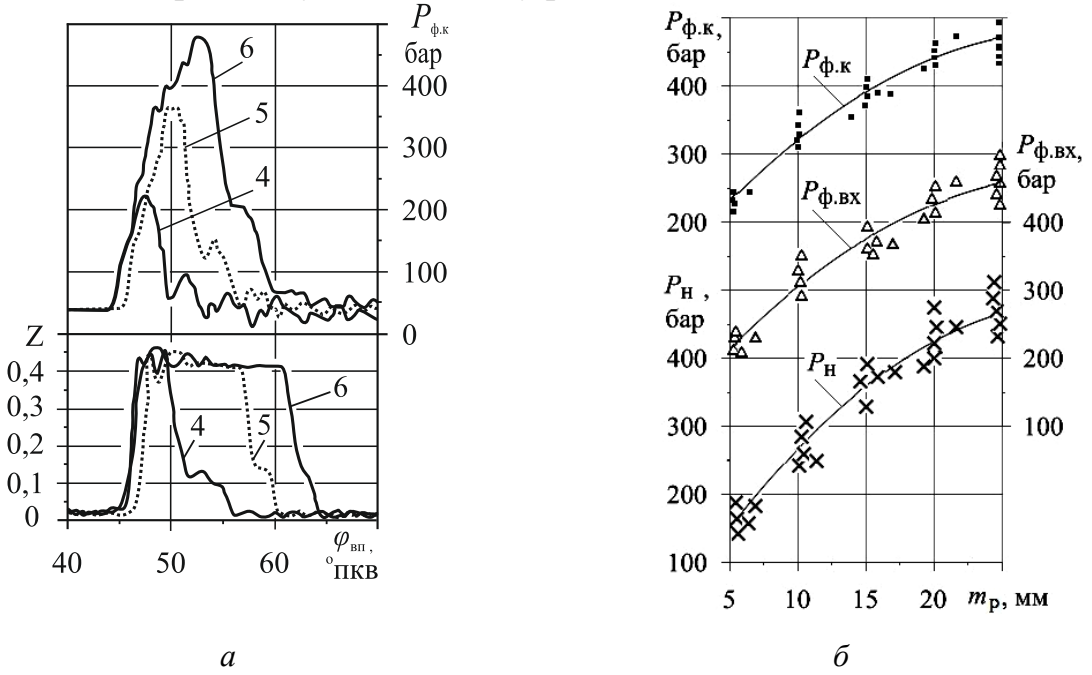
– друга область – циклограма руху рейки;

− третя область – рейка;

− четверта область – інформаційний рядок.

Осцилограма послідовних циклів проведеного експериментального дослідження представлена на рис. 4, *а*.

На рис. 4, *б* представлена навантажувальна характеристика системи паливоподачі, яка отримана у динамічному режимі.



а *б*

Рис. 4 Осцилограма послідовних циклів і параметрів паливоподачі від положення рейки ПНВТ;

а – осцилограма паливоподачі на ділянках навантажувальної характеристики: - - - цикл 5 – рух рейки; —— цикли 4, 6 – рейка стабільна, при $m_р$=5–25 мм.

б – Залежність параметрів паливоподачі від положення рейки паливного насоса високого тиску в динамічному режимі для $p_{ф.к}$, $p_{ф.вх}$, $p_{н.}$

На рис. 4, *а* представлені сполучені осцилограма тиску в каналі форсунки $p_{ф.к}$ й кута упорскування $\varphi_{вп}$ послідовних циклів 4, 5, 6. Рейка ПНВТ перебуває у вихідному положенні, яку висунуто на відмітку 5 мм, частота обертання розподільного валу $n_р$ номінальна 255 про/хв. Тиск форсунки каналу $p_{ф.к}$ останнього четвертого циклу упорскування, встановленого режиму перед початком руху рейки склав 216 бар, а кут упорскування $\varphi_{вп}$=10,0 ПРВ.

Перехідний режим на першій ділянці руху характеризується наступними параметрами: рейка зміщена на відмітку 25 мм, при цьому пройдена відстань 20 мм за 0,44 зі швидкістю 45,5 мм/с.

На час руху доводиться 5 цикл упорскування. Його параметри: тиск $p_{ф.к}$ =364 бар, $\varphi_{вп}$=14,0 ПРВ. Перше після зупинки рейки упорскування (6 по загальній нумерації циклів) мав відразу параметри режиму, що встановився*:* $p_{ф.к}$ =474 бар і $\varphi_{вп}$=19,5 ПРВ.

Навантажувальна характеристика системи паливоподачі, отримана в динамічному режимі, представлена на рис. 4, *б*.

Для $p_{ф.к}$, $p_{ф.вх}$, $p_н$ досліджувані крапки згруповані в п'ятьох областях, відповідно шо до переміщення рейки (рис. 4, *б)*.

При мінімальному переміщені рейки $m_р$=5 мм тиск палива $p_{ф.к}$ змінюється від 216 до 222 бар при середньому значенні 219 бар. Відповідна величина $\varphi_{вп}$ від 10 до 11°ПРВ (у середньому 10,75°ПРВ). При максимальному $m_р$=25 мм діапазон $p_{ф.к}$ склав 474–516 бар, у середньому 470 бар. Кут упорскування $\varphi_{вп}$=19,5–22 °ПРВ, а середнє значення–20,64°ПРВ.

Візуальний аналіз розподілу досліджуваних крапок на графіках рис. 4, *б* свідчить про коректну уяву існуючих залежностей апроксимуючими кривими. Для статистичної оцінки вірогідності експериментальних даних доцільно використовувати середньоквадратичні відхилення параметрів в абсолютних і відносних величинах, віднесених до апроксимуючих значень, представлених відповідно до кривої.

Висновки

Створена методика динамічних безмоторних випробувань паливної апаратури, яка здатна забезпечувати дослідження динамічних параметрів процесів упорскування палива, часткових режимів і характеристик паливної апаратури. (залежності параметрів паливоподачі від положення рейки ПНВТ і частоти обертання, навантажувальна й швидкісна характеристики тощо).

Розроблене й реалізоване програмно-апаратне забезпечення, що виконує функції керування режимами випробувань, запис, обробку даних і оформлення результатів експерименту. Вимірювальна частина системи укомплектована датчиками, також створеними на кафедрі СЭУ НУ“ОМА”.

Для завдання режимів випробувань використаний електромеханічний комплекс із комп'ютерним програмним керуванням.

Окремо слід зазначити, що в ході експериментальних досліджень, були створені та опробуванні вдосконалення програмного й інженерного характеру, які мають перспективу захисту авторських прав. По окремих з них подана заявка на одержання патентів [2].

Випробувальний комплекс пройшов стадії налагодження й доведення та використовується в поточній дослідницькій роботі кафедри СЭУ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Половинка Э. М., Слободянюк Н. В Процесс впрыскивания топлива в судовом среднеоборотном дизеле на переменных режимах // Судовые энергетические установки. 2016. № 36. С. 141–151.

2. Стенд для дослідження і регулювання паливної апаратури дизелів: пат. на корисну модель u201805581 Украина; заявл. 21.05.2018, URL: http://base.uipv.org/searchInvStat/showclaimdetails.php?IdClaim=308776&resId=1

УДК 621.431.74

Половинка Е.М., Пічурін М.Б.
Національний університет «Одеська морська академія»

Вплив характеристик розпилювача на умови замикання беззливної форсунки

Одним із напрямів удосконалення технічної експлуатації суднових дизелів є збільшення ресурсу відповідальних деталей і вузлів при збереженні встановлених техніко-економічних показників двигунів. До числа таких вузлів відноситься розпилювач форсунки, від функціональних параметрів якого в значній мірі залежать всі показники двигуна. Оскільки критичною невідновлювальною експлуатаційною характеристикою є зазор між голкою і спрямовуючої, то саме цей параметр служить предметом дослідження в роботах, присвячених експлуатації паливної апаратури [1-6].

Істотними, в зв'язку з цим, є процеси обміну робочими рідинами між базовою системою впорскування та надігольчатою порожниною форсунки при різній комплектації останньої.

У даній роботі представлені результати дослідження в цій області, виконані в умовах, коли надігольчата порожнина заповнена рідиною під тиском, що відповідає застосуванню гідравлічного замикання форсунок. Таке дослідження актуально також і тому, що останнім часом інтерес до використання гідрозапорних форсунок вельми зріс в зв'язку з широким застосуванням в суднових дизелях електроного управління системами впорскування в складі комплексних мікропроцесорних систем управління двигуном.

Досліди виконані на безмоторному стенді, обладнаному необхідними елементами для роботи системи подачі палива і реєстрації параметрів впорскування палива. Привід паливного насосу високого тиску (ПНВТ) забезпечував плавну зміну частоти обертання. Вимірювання циклової подачі здійснювалося ваговим способом.

В якості базових в дослідах використані вузли паливної апаратури суднового середньо оборотного дизелю ЧН25/34.

Основні характеристики елементів базової системи подачі палива такі:

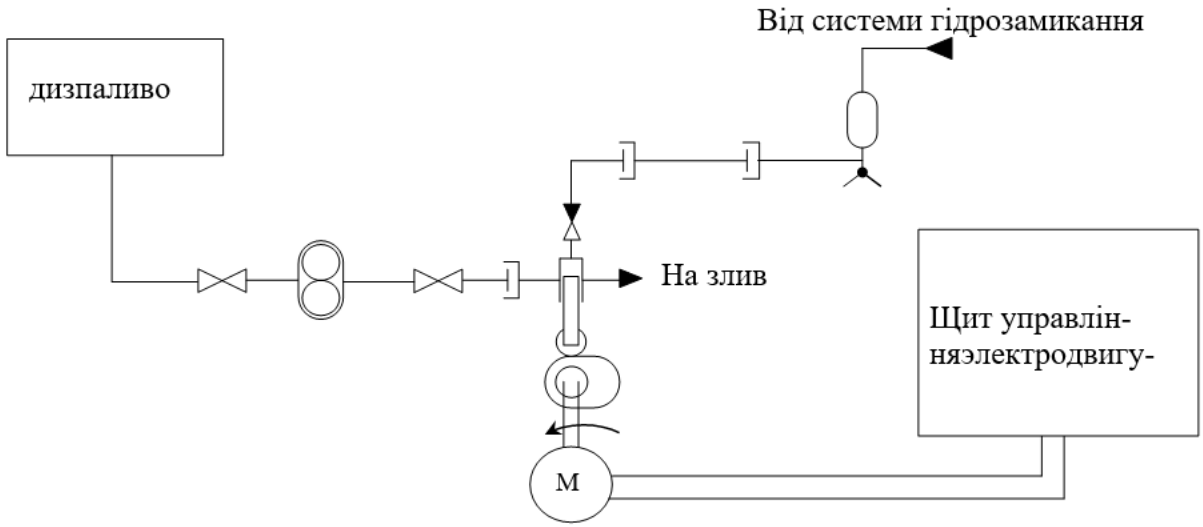
ПНВТ золотникового типу з регулюванням по кінцю подачі, має нагнітальний клапан, діаметр і хід плунжера 16 мм;

форсунка з сопловим апаратом 9 отворів по 0,35 мм, голка з діаметром по основному циліндру 6 мм.

У базовому виконанні форсунка має пружине замикання з тиском підйому голки 20,6 МПа.

Для виконання програми експерименту форсунка булла модернізована: видаленоп ружинний механізм замикання, і надігольчата порожнина з’єднана з додатковою системою, що забезпечує заповнення останньої рідиною під тиском.

Схема експериментальної установки наведена на рис.1. Подача замикаючої рідини здійснювалася ПНВТ з ручним приводом.



Випробування, матеріали яких розглядаються в даній роботі, проведені при різній комплектації системи замикання. Схеми систем наведені на рис.2. При мінімальній комплектації (варіант а) ПНВТ системи замикання з'єднана з порожниною замикання трубопровідом без додаткових пристроїв. Для двох інших варіантів (б, в) передбачена комплектація акумуляторами: малої місткості об'ємом 120 см3 та великої Va = 1758 см3.

Даний етап випробувань виконаний з використанням дизельного палива як у штатній системі, так і для замикання форсунки.

Загальною програмою досліджень передбачається використання розпилювачів з різним проміжком. Дана серія випробувань проведена на розпилювачі із середнім проміжком 10 мкм. Положення рейки ПНВТ в дослідах залишалося незмінним і її вихід становив m = 26 мм.

Перед випробуваннями перевірялася щільність системи замикання під тиском в 1,5 рази вище робочого. При першому запуску регулювалася частота обертання розподільчатого валу. Потім стенд зупиняли, встановлювали передбачений тиск замикання і після повторного запуску виконували вимірювання.

Початкова серія дослідів проведена з мінімальною комплектацією системи замикання (варіант а). Випробування виконано при тиску в системі замикання $p_{гз}$ = 10 МПа. Частота обертання розподільча того валу становила: n = 88; 122; 140; 160 об/хв. Тиск в системі замикання реєструвався кожні 5 с протягом 1 хв. Отримані дані представлені графічно на рис. 3. По осі абсцис відкладено час з початку досліду, по осі ординат - поточне значення тиску в системі замикання.

При постановці досліджень в числі інших ставилося завдання встановити напрямок обміну робочими тілами між базовою системою впорскування та системою замикання. Початкова серія дослідів дозволила зробити висновок, що підсумковим є надходження замикаючої рідини в базову систему впорскування.

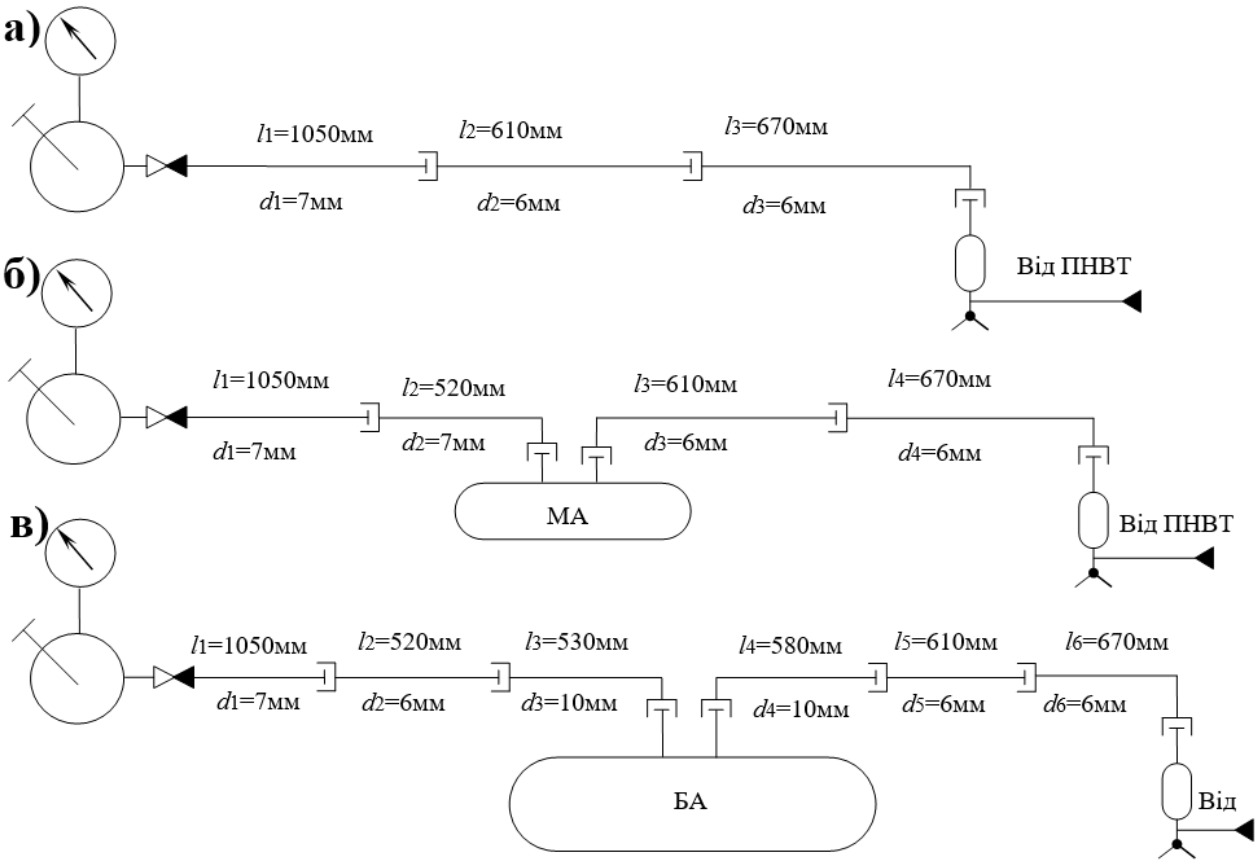


Рис 2. Варіанти системи замикання:
а) без акумулятору; **б**) з акумулятором малої ємкості;
в) с аккумулятором большой ёмкости.

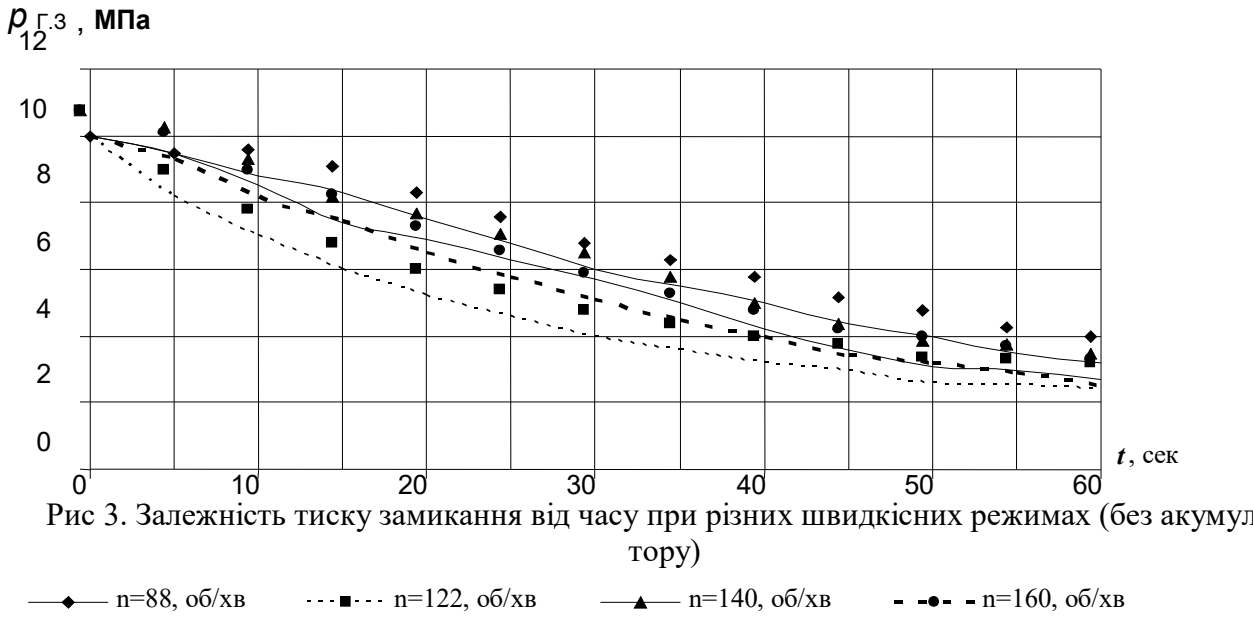


Рис 3. Залежність тиску замикання від часу при різних швидкісних режимах (без акумулятору)

Кількісні параметри цього процесу, як випливає з рис. 3, залежать від частоти обертання. Мінімальне падіння тиску зафіксовано при найменшій частоті обертання ($\Delta p_{г.з}$ = 6,8 МПа при n = 88 об / хв). Для інших режимів цей показник близький ($\Delta p_{г.з}$ = 7,6-7,3 МПа). Найбільш інтенсивно тиск в системі замикання падав при n = 122 об / хв. Так, на 20 секунд відмінність в тиску між n = 88 і 122 об / хв склала 2,3 МПа.

Досліди з додатковими акумуляторами в системі замикання проведені на тих же швидкісних режимах, що і розглянуті вище. Характерні залежності, отримані при n = 88 об / хв представлені на рис. 4.

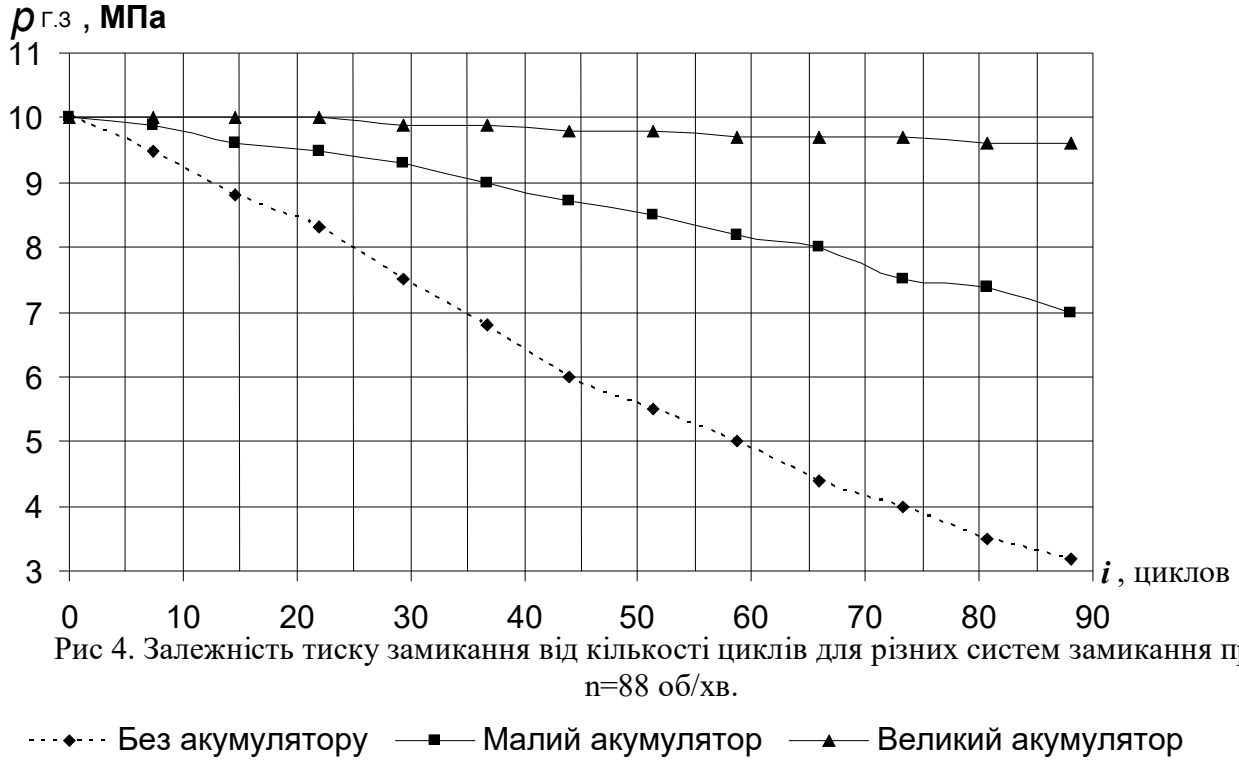


Рис 4. Залежність тиску замикання від кількості циклів для різних систем замикання при n=88 об/хв.

Як і слід було очікувати, збільшення обсягу системи замикання призводить до зниження швидкості падіння тиску в ній. Такий висновок справедливий при незмінних умовах перетікання рідини між блоками системи упорскування. Хід кривих на графіку рис. 4 підтверджує це положення. Дійсно, якщо згадане вище падіння тиску без акумулятора склало за час виміру 6,8 МПа, то для великого акумулятора це було тільки 0,4 МПа. Можна відзначити також, що зміна цього показника непропорційно: збільшення обсягу системи з 41 см3 до 174 см3 (з малим акумулятором), тобто в 4,2 рази, призвело до зниження швидкості падіння тиску з 6,8 до 3,0 МПа, або 2,3 рази.У той же час для крайніх параметрів це співвідношення таке: збільшення обсягу в 45 разів (з 41 до 1867 см3) відповідає зміні перепаду тиску в 17 разів. У разі збереження пропорційності це співвідношення було б 24.

Для інших частот обертання (122,140,160 об / хв) якісні показники такі ж.

Є істотним і вплив частоти обертання на показники для рівної кількості циклів.Такий аналіз можна провести, використовуючи графіки рис.5.На ньому представлені криві зміни тиску замикання при однаковому числі обортів з початку досліду при різній частоті обертання. Дані отримані без акумулятора, при мінімальному обсязі системи.

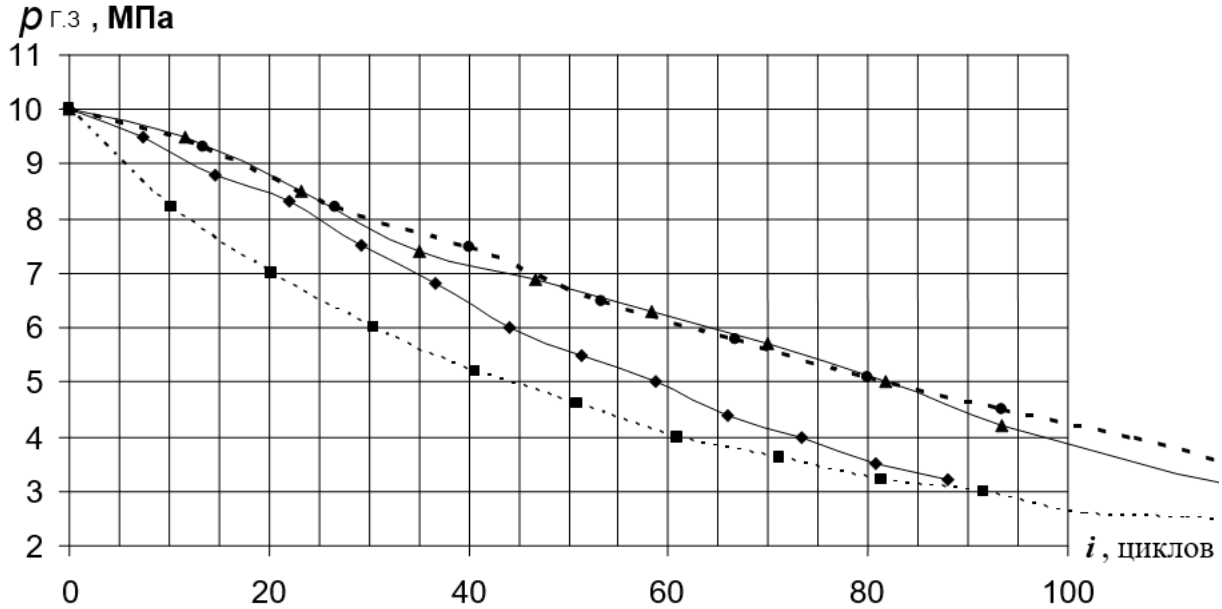


Рис 5. Залежність тиску замикання від кількості циклів на різних швидкісних режимах с системою замикання без акумулятору

Аналізуючи отримані співвідношення, слід звернути увагу на відносно малу розбіжність кривих, з одного боку, а з іншого наявність загальної якісної тенденції. Остання полягає в зниженні швидкості падіння тиску при збільшенні частоти обертання. У всіх трьох варіантах комплектації системи найбільш круто на графіках проходить лінія 88 об / хв.

Послідовність кривих на графіках також зберігається: вони розташовані по висоті в порядку наростання частоти обертання. Ці закономірності найбільш чітко проглядаються за відсутністю акумуляторів. Збільшення обсягу системи за рахунок їх підключення призводить до зближення кривих і зменшення абсолютної величини перепаду тиску в межах зміни числа циклів *i*. Так, якщо обсяг системи мінімальний, то в діапазоні і = 90-95 різницю тисків замикання становить 1,7 МПа. У тих же умовах і максимальному обсязі цей показник дорівнює лише 0,4 МПа. Іншими є і абсолютні тискі: в першому випадку це 1,6-4,3 МПа, а в другому 9,4-9,8 МПа.

Всі ці залежності можна пояснити дією одного фактору - часом обміну рідиною між порожниною замикання і робочим об'ємом розпилювача. Чим вище частота обертання, тим менше часу необхідно для здійснення заданої кількості циклів і тим менше падіння тиску в системі замикання.

Висновки

Напрямок обміну робочими рідинами між системою замикання і базовою системою подачі палива визначається співвідношенням тисків в них в проміжках між впорскуваннями.

Отримано якісні та кількісні характеристики процесів в системі замикання беззливної форсунки в залежності від конструктивних параметрів і режимних факторів.

Використання базової системи упорскування для підтримки тиску замикання в беззливної форсунки за попередньою оцінкою можливо при відповідних значеннях залишкового тиску в базовій системі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Антипов В. В. Знос прецизійних деталей та порушення характеристики паливної апаратури дизелів. Вид. 2-е перераб. і доп. - М .: Машинобудування, 1972. - 177 с.

2. Бахтіаров Н. І., Логінов В. Є., Ліхачев І. І. Підвищення надійності роботи прецізіоних пар паливної апаратури дизелів. - М .: Машинобудування, 1972. - 200 с.

3. Карпов Л. М. Надійність і якість суднових дизелів. - Л .: Судно-будова, 1975. - 231 с.

4. Фомін Ю. Я. Паливна апаратура суднових дизелів. Вид. 2-е, перераб. і доп. - М .: Транспорт, 1975.

5. Соскінд Г. Л., Мурелем П. Х. Вплив проміжку між голкою форсунки і її направляючої на роботу дизеля типу NVD24 / Праці // Талліннський політехнічний інститут. - Серія А. - 1963. №20. - С. 27-35.

6. Карпов Л. М., Коршунов Про М. Вплив величини проміжку в прецізіоних деталях паливної апаратури суднових дизелів на процес паливоподачі / Праці // ЦНИИМФ, вип. 143. - Л .: Транспорт, 1971. - С. 90-98.

УДК 621.431.74

Половинка Е.М., Мурадян П.С., Чічко К.А.
Національний університет “Одеська Морська Академія”

Динамічні характеристики активних колоїдів

Вступ

Активні частинки є самохідними вузлами, які здатні автономно рухатися, тобто при відсутності зовнішніх сил і крутящих моментів, шляхом перетворення енергії в спрямований рух[1]. Переміщення мікросвімерів регулюється низьким гідродинамічним числом Рейнольдса і теплового шуму. Біологічні мікросвімери повинні виконувати періодичні, необертальні деформації тіла або хвилі довгих тонких придатків для плавання [2]. Навпаки, активні колоїди та краплі емульсії здатні просуватися через в'язке середовище шляхом створення потоку рідини, близького до їх поверхні, шляхом самофорезу або самоіндуктивного ефекту Марангоні. Отже, їхній напрямок плавання не визначається зовнішніми силами, як у керованих неврівноважених системах, а є внутрішньою властивістю окремих свімерів.

Ми пояснюємо, як працює базова механіка рідини при низькому числі Рейнольдса (розділ 1) і як наявність поверхонь (розділ 4) ініціюють самовстановлення і вводять поняття активних броунівських частинок (розділ 5).

Спрямований рух колоїдів вздовж температурних градієнтів ∇T, хімічних градієнтів ∇c або градієнтів електричного потенціалу $\nabla \zeta$ називається термофорезом, дифузіофорезом і електрофорезом відповідно [3]**.** Пасивні мікроскопічні частинки, такі як колоїди, занурені у рідину, рухаються, коли застосовуються зовнішні сили. Це можуть бути зовнішні сили тіла, наприклад, через гравітацію, або поверхневі сили, спричинені фізичними або хімічними градіє-

нтами, які потім ініціюють транспортування форетичних частинок [3]. Швидкість колоїдів може бути розрахована за допомогою низького гідродинамічного числа Рейнольдса. Активні колоїди здатні рухатися в рідині за відсутності зовнішніх сил. Як правило, вони створюють самі градієнти поля, локалізовані навколо їх тіл, коли вони споживають паливо [4] або нагріваються лазерним випромінюванням. Це ініціює самофоретичний рух [6]. Хоча пасивні частинки рухаються вздовж зовнішнього заданого градієнта поля, активні колоїди змінюють напрямок самогенерованого градієнта і тим самим їх напрямок руху, коли вони відчувають, наприклад, обертальний тепловий шум [8]. Активні крапельки емульсії починають рухатися, коли градієнти у формі поверхневого натягу на межі рідина - рідина при спонтанному порушенні симетрії [7]. Потім вони приводять у рух потік Марангоні і тим самим рухають крапельку [9].

1. Гідродинаміка при низькому числі Рейнольдса: рівняння Стокса та фундаментальні рішення

Рух частинок, занурених у нестисливу ньютонівську рідину з в'язкістю η і щільністю ρ, регулюється рівняннями Нав'є – Стокса [1]. На мікрометричному масштабі можна знехтувати інерційними ефектами, а рівняння Нав'є – Стокса для поля потоку v(r, t), а поле тиску p0(r,t), спростити до рівнянь Стокса,

$$-\nabla p_0 + \eta \nabla^2 \mathbf{v} = -\mathbf{f}, \quad \nabla \cdot \mathbf{v} = 0, \tag{1}$$

де f(r, t) - сили тіла, що діють на рідину. Разом з відповідними граничними умовами на поверхні частинки розв'язуються рівняння (1) для v(r, t), а p0(r, t) і можна негайно визначити тензор напружень [3].

$$\boldsymbol{\sigma} = -p_0 \mathbf{1} + \eta[\nabla \otimes \mathbf{v} + (\nabla \otimes \mathbf{v})^t]. \tag{2}$$

Перший рядок показує чисті особливості потоку. Другий показує поля потоків навколо сферичних частинок: (d) приводяться в рух за допомогою зовнішньої сили, (e) штовхач-спринклер з β = −3, і (f) а Нейтральна звичка з β = 0. Третій рядок показує поля потоку в кадр рухомих частинок. Червоні вектори позначають сили і чорні вектори купання швидкості. Вихідним диполем є позначається заповненим колом (джерелом) і відкритим колом (раковиною). Дві показано розмірні фрагменти тривимірних полів потоку.

$$\mathbf{v}(\mathbf{r}) = \mathsf{S}(\mathbf{r} - \mathbf{r}_0)\mathbf{V} \tag{3}$$

$$\mathsf{S}(\mathbf{r}) = \frac{3}{4}\frac{R}{r}(\mathbf{1} + \hat{\mathbf{r}} \otimes \hat{\mathbf{r}}) + \frac{1}{4}\frac{R^3}{r^3}(\mathbf{1} - 3\hat{\mathbf{r}} \otimes \hat{\mathbf{r}}). \tag{4}$$

$$\mathbf{v}_{\mathrm{SD}}(\mathbf{r}) = \frac{q}{8\pi\eta r^3}\left[-\mathbf{e} + 3(\mathbf{e} \cdot \hat{\mathbf{r}})\hat{\mathbf{r}}\right], \tag{5}$$

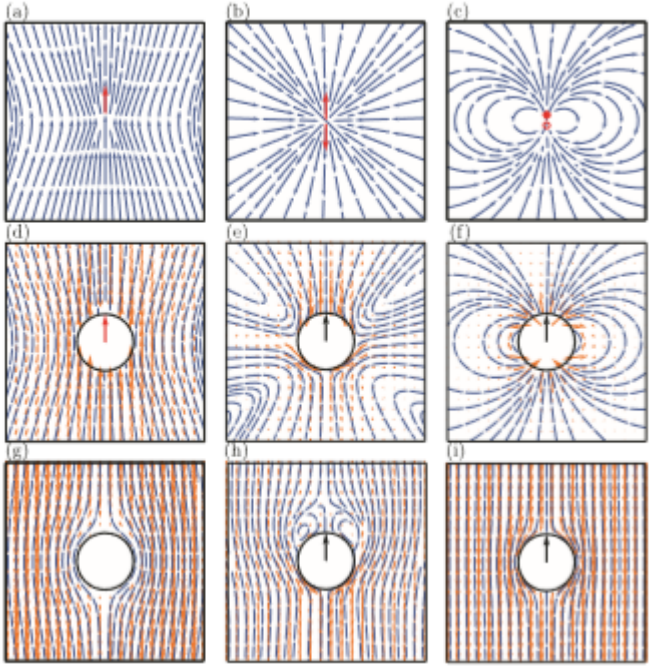


Рис. 1. Типові поля швидкості (помаранчевий) і потокові лінії (синій) колоїдні об'єкти, які ведуть себе як стоксели ((a), (d), (g)), сила диполя ((b), (e), (h)) і джерело диполя ((c), (f), (i)) в далекому полі.

Рис.1 (g) ілюструє поле потоку навколо нерухомої сфери в рівномірному фоновому потоці v(r) = V. Це те ж саме, що і в рівнянні (3), але з постійною V. Колоїд, оточений градієнтом поля, рухається, оскільки деякий форетичний механізм встановлює поле швидкістного-ковзання на його поверхні [3]. Результуюче поле потоку часто є полем вихідного диполя, наведеним у рівнянні (5) [3]. Також для крапель активної емульсії та колоїдів Януса домінуючим є джерело дипольного поля [8]. Цікаво, що поле потоку рівняння (5), взятого в кадрі колоїдного руху зі швидкістю $V = 2q/(8\pi\eta R^3)e$, не тільки дійсне в дальньому полі, але й часто узгоджується з полем швидкості ковзання на поверхню частинок і тим самим визначає гідродинамічне ближнє поле [3]. На фігурах 1 (f) і (i) ми показуємо вихідне дипольне поле потоку колоїду, ініційоване якимнебудь форетичним механізмом, або в лабораторній рамці (див. Рівняння (5)), або в рамці сполучених частинок, де колоїдна швидкість V віднімається.

2. Напруження близько-поверхневих потоків: самофорез та напруження Марангоні

Біологічні мікросвімери зазвичай повинні виконувати невзаємну деформацію своїх клітинних тіл для плавання [2]. Навпаки, активні колоїди здатні рухатися автономно, не періодично змінюючи свою форму. Замість цього вони створюють тангенціальний потік рідини поблизу своїх поверхонь. Існують різні механізми ініціювання такого самофоретичного руху, але деталі ще не були повністю зрозумілі (див., Наприклад, обговорення в [14]). Одним з механізмів для самостійного рушія є наступне: частинки Януса мають дві чіткі особи. Як правило, один з них каталізує реакцію молекул в навколишньому флюїді. Оскільки реагенти і продукти взаємодіють по-різному з поверхнею частинок, створюється градієнт тиску вздовж поверхні, що приводить до протікання рідини, як ми будемо обговорювати далі. Колоїди Януса можуть мати різну фо-

рму. Найпоширенішими прикладами є напівпокриті сфери [13], біметалічні стрижні, або димери, які складаються з двох зв'язаних сфер з різними хімічними властивостями їх поверхонь. Навпаки, колоїдні частинки з початково однорідними поверхневими властивостями також іноді можуть самостійно рухатися спонтанним порушенням симетрії [12]. Видатними прикладами є крапельки активної емульсії, де напруження Марангоні на поверхні приводять у поле швидкості ковзання і тим самим ініціюють самопульсацію [13]. Краплі плавального димера утворюються, коли дві краплі активної емульсії з'єднані з бішаром поверхнево-активної речовини.

3. Теоретичний опис та моделювання само-форетичних свімерів

Ми детальніше обговоримо концепцію самофорезу, за якою рухаються тверді активні колоїди, а також коментуємо рух Марангоні активних крапель емульсії. Градієнт зовнішнього поля X(r) індукує форетичний транспорт пасивного колоїду радіусом R, оскільки поле визначає взаємодію між колоїдною поверхнею та навколишньою рідиною [3]. У тонкому шарі товщини δ<<R градієнт поля ∇X(r) викликає тангенціальний приповерхневий потік, який зростає від нуля в радіальному напрямку і насичується при ефективному радіусі Re = R + δ до постійного значення (див. на рис.2 (б)). Як правило, зовнішнє поле X(r) є електричним потенціалом φ(r), полем хімічної концентрації c(r), або температурним полем T(r), а відповідні механізми колоїдного транспорту називаються електрофорезом, дифузіофорезом і термофорезом. Навпаки, активні колоїди створюють місцевий градієнт поля ∇X(r), а результуючий приповерхневий потік сам по собі. У найпростішому випадку використовуються напівпокриті сфери Януса, як наведено на малюнку 2 (а). Каталітичний ковпачок (червоний) каталізує хімічну реакцію палива на хімічний продукт (показаний у вигляді зелених точок), який дифундує навколо. У стаціонарному стані встановлено нерівномірний профіль концентрації навколо частки [8]. Оскільки колоїд Януса сам по собі виробляє дифузійну хімію, механізм руху називається самодиффузіофорезом. Останні роботи показали, як деталі покриття поверхні та іонні ефекти визначають швидкість плавання та ефективність активних колоїдів каталітичного приводу [14].

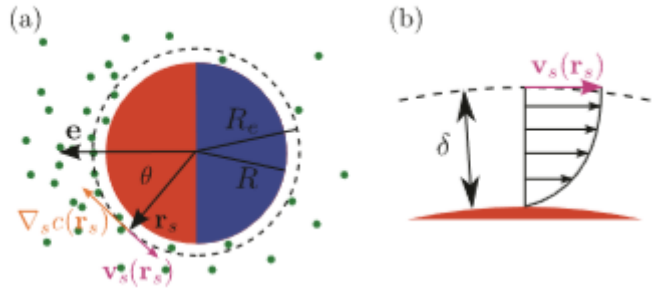


Рис.2 (а) Ескіз частки Януса радіусом R з каталітичним ковпачком (червоний), що рухається самодиффузіофорезом.

Частинка створює локальний градієнт концентрації розчиненої речовини, в тангенціальному напрямку в положенні від поверхні частинки. Поверхнева швидкість пропорційна градієнту концентрації. (б) В межах дифузійного прикордонного шару товщини δ розвивається поле швидкості поверхні v_s, що залежить від положення r_s на поверхні.

Всі вищезгадані системи створюють швидкість тангенціального прослизання v_s, близьку до поверхні частинки, і пропорційна градієнту поля $\nabla_s X(r)$ вздовж поверхні [3],

$$\mathbf{v}_s(\mathbf{r}_s) = -\kappa(\mathbf{r}_s)\nabla_s X(\mathbf{r})\big|_{|\mathbf{r}|=R_c}. \quad (6)$$

Коефіцієнт швидкості ковзання к залежить від специфічного форетичного механізму та властивостей матеріалу границі між частинками і рідиною, які змінюються залежно від розташування r_s. Для сферичних активних колоїдів з осесиметричним поверхневим покриттям, $v_s(\theta)$ залежить від полярного кута θ вектора положення r_s щодо вектора орієнтації e (див. Рис. 2 (а)). Для визначення швидкості плавання і поля потоку навколо активного колоїду приймається швидкість ковзання при ефективному радіусі $R_e = R + \delta$. Конкретно вирішується однорідне рівняння Стокса для $r>R_e$ з граничною умовою $v(r_s) = v_s + v_0 e + \Omega \times r_s$, де v_0 - постійна швидкість плавання, а Ω - кутова швидкість активного колоїду. Оскільки форетичний транспорт є силою і вільним крутним моментом [3], то гідродинамічна сила і крутний момент повинні бути нульовими при оцінці по поверхні з радіусом R_e. Це дає поступальну і кутову швидкість сферичної (само-) форетичної колоїди [3],

$$\mathbf{V} = v_0\mathbf{e} = -\langle \mathbf{v}_s \rangle, \quad (7)$$

$$\boldsymbol{\Omega} = -\frac{3}{2R}\langle \mathbf{v}_s \times \mathbf{n} \rangle \quad (8)$$

Зауважимо, що для осесиметричних профілів швидкості поверхні $\Omega = 0$ і активний колоїд рухається по прямій лінії.

Для кращого розуміння самофоретичного руху на мікроскопічному рівні були використані явні методи імітації гідродинамічних мезомасштабів для вивчення самодиффузіофоретичного та самотермофоричного руху. Зокрема, реактивна мультичастична динаміка зіткнення (R-MPCD) є методом явного моделювання повних гідродинамічних полів потоку і хімічних полів навколо свімера. Вона також включає хімічні реакції між розчиненими речовинами і тепловим шумом [15]. Метод був використаний для моделювання самофоретичного руху сферичних колоїдів Януса [16] та самохідних димерів сфери. Симульоване поле потоку свімера сферичного димера узгоджується з полем силового диполя [17], що нещодавно було підтверджено аналітичним розрахунком [17]. Динаміку дисипативних частинок використовували для визначення ефекту форми частинок на активний рух [18], а також для розрахунку полів потоків, ініційованих самохідними колоїдами Януса для різних взаємодій рідина – колоїд [19]. В крапельках активної емульсії спонтанне порушення симетрії породжує градієнти в щільності молекул поверхнево-активної речовини на межі краплірідина і, отже, градієнти поверхневого натягу σ. Вони переносять потік Марангоні на межі розділу [9].

4. Переміщення з предписаною поверхневою швидкістю

Ми бачили, що активний рух самофоретичних колоїдів визначається головним чином полем швидкості поверхні v_s, незалежним від основних фізичних чи хімічних механізмів для реалізації. У найпростішому випадку передбача-

ється задане поле швидкості поверхні без прийняття механізму. в обліковому записі. Такі моделі плавців корисні для вивчення того, як гідродинамічні поля потоків впливають на (колективну) динаміку мікросвітлювачів. Одним з найскравіших прикладів є так званий «сквірмер». Спочатку було запропоновано моделювати мимовільні мікроорганізми, такі як Paramecium і Opalina. В даний час, сквірмер часто використовується як проста модель мікросвімерів. У своїй найпоширенішій формі сквірмер є твердою сферичною частинкою радіуса R з заданим полем швидкості тангенціальної поверхні, який розширений у відповідний набір базисних функцій, що включають сферичні гармоніки. У важливому випадку осесиметричного поля швидкості з тільки полярною складовою швидкості v_θ розширення використовує похідні поліномів Лежандра Pn(cos θ).

$$v_\theta = \sum_{n=1} B_n \frac{2}{n(n+1)} \sin\theta \frac{\mathrm{d}P_n(\cos\theta)}{\mathrm{d}\cos\theta} = B_1 \sin\theta(1 + \beta\cos\theta) + \dots \quad (9)$$

де коефіцієнти Bn характеризують режими поверхневих швидкостей і $v_s = v_\theta\hat{\theta}$ спрямовані вздовж поздовжніх (див. Рис. 3 (а)). Ми також ввели безрозмірний параметр сквірмера $\beta = B_2B_1$, який визначає силу другого режиму згортання відносно першого. Без втрати спільності ми встановлюємо $B_1 > 0$, а сквірмер плаває в позитивному напрямку z, як ми продемонструємо нижче. Як правило, розглядаються тільки перші два режими і Bn = 0 для n>3[20].

Причина полягає в тому, що B_1 і B_2 вже захоплюють основні особливості мікросвімерів. Якщо B_1 є єдиним ненульовим коефіцієнтом, то отримане поле потоку в об'ємній рідині є саме таким, що і джерело диполя і проілюстровано на рис.1 (f). Якщо додати другий режим $B_2 \neq 0$, то далеке поле свімера полягає в силі диполя, показаного на рис.1 (b). Він розпадається повільніше з відстанню, ніж вихідне дипольне поле. Щоб відповідати граничній умові на поверхні плавця, необхідний додатковий член, пропорційний r^{-4}[20]. На рисунку 1 (e) показано повне поле потоку сквірмера для штовхача з β = - 3. Коефіцієнт B_2 другого режиму відноситься до дипольної сили p, введеної з рівняння, де $p = -4\pi R^3 \eta B_2$. B_2 ⍰ β < 0 описує штовхач (p> 0), а для B_2 ⍰ β > 0 спринклер реалізує знімач (p <0). Проста модель активної частки Януса також використовує задане поле швидкості поверхні (див. Рис. 3 (б)). У той час як інертна частина (I) поверхні частинки виконує граничну умову пасивного колоїду (v_s=0), хімічно активна кришка (A) генерує близький потік ковзання і $v_s \neq 0$ [11]. Примітно, що чисельне моделювання також проводилося з еліпсоїдальними і пруткоподібними плавцями, керованими поверхневим потоком [11].

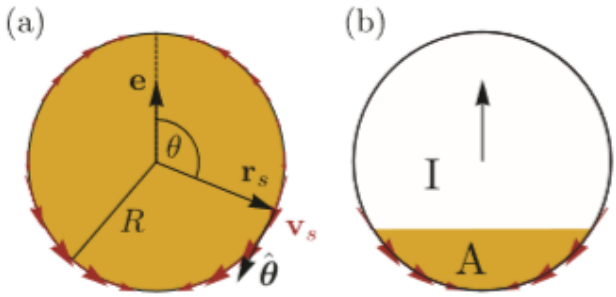


Рис. 3 (а) Ескіз сферичного пульверизатора радіуса R плавання уздовж напрямку e.

Поля осесиметричної швидкості поверхні v s точок вздовж тангенціального полярного напрямку θ̂ і залежить від положення r_s на поверхні, тобто на полярному куті θ. (б) Ескіз простої моделі активної сфери Януса, яка є інертною (I) у передній частині і активний (A) в задній частині.

5. Активні Броунівські частинки

Моделювання руху біологічних і штучних мікросвімерів стало надзвичайно зростаючою галуззю у статистичній фізиці, гідродинаміці та фізиці м'яких речовин. Мінімальною моделлю для мікросвітлювачів та інших активних індивідуумів є активні броунівські частинки [1]. Вони враховують лише основні особливості активного руху: (i) передимпована динаміка положення часток r та орієнтації частинок e, (ii) рух з характерною швидкістю частинки v_0 вздовж напрямку e, та (iii) термічно (та нетепловий) поступальний, а також обертальний шум, ξ і ξ_r.

Найважливішим прикладом є перенапружений рух активної броунівської сфери. Динаміка її положення r(t) та орієнтації e(t) визначається рівняннями Ланжевена, де D - поступальна і D_r - постійна константа обертання сфери. Змінені стохастичні сили ξ та крутний момент ξ_r виконують умови для дельта-корельованого білого гаусового шуму,

$$\langle \boldsymbol{\xi}(t) \rangle = 0, \langle \boldsymbol{\xi}(t) \otimes \boldsymbol{\xi}(t') \rangle = \mathbf{1}\delta(t - t') \quad (23)$$

$$\langle \boldsymbol{\xi}_r(t) \rangle = 0, \langle \boldsymbol{\xi}_r(t) \otimes \boldsymbol{\xi}_r(t') \rangle = \mathbf{1}\delta(t - t') . \quad (24)$$

Одиничний вектор e виконує випадкове проходження на одиничній сфері (3D) або одиничному колі (2D). Типова просторова траєкторія в 2D показана на рис. 4.

Довжина персистенції L визначає типову відстань, на якій знаходиться Активна частинка, що втратила інформацію про свою початкову орієнтацію.

Рис. 4. Приклад траєкторії активного броунівського руху.

Висновки

Вивчення руху самохідних колоїдів - відносно нове поле у фізиці і багато видів доводитиметься дослідити більше деталей в майбутньому. Активні колоїди з фіксованою формою можуть рухатися вільно за рахунок генерації потоку рідини близького до їх поверхонь.

Проте, навіть для руху одиничного активного колоїду всі фізичні і хімічні механізми, які призводять до близь-поверхневого потоку, мають ще не повністю зрозумілий характер.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Швайцер Ф., Броунівські агенти та активні частинки, Берлін, 2003
2. Purcell E M 1977 Am. J. Phys. 45 3
3. Андерсон Ж., Механіка речовин, 21 с., 1989
4. Пакстон В.Ф., Кістлер К., Малоук Т. Та Креспі В., Каталітичні наномотори, 126 с., 2004
5.Хоус Дж., Джонс Р., Раян А., Гоф Т., 99 с., 2007
6. Jiang H R, Yoshinaga N and Sano M 2010 Phys. Rev. Lett. 105 268302
7. Golestanian R, Liverpool T B and Ajdari A 2005 Phys. Rev. Lett. 94
8. Golestanian R 2009 Phys. Rev. Lett. 102
9. Thutupalli S, Seemann R and Herminghaus S 2011 New J.Phys. 13
10. Landau L D and Lifshitz E M 1986 Theoretical Physics (Hydrodynamics vol 6) (Moscow: Nauka)
11. Spagnolie S E and Lauga E 2012 J. Fluid Mech. 700 105
12. Lauga E and Powers T R 2009 Rep. Prog. Phys. 72
13. Zheng X, ten Hagen B, Kaiser A, Wu M, Cui H, Silber-Li Z and Löwen H 2013 Phys. Rev. E 88
14. Brown A and Poon W 2014 Soft Matter 10
15. Rao K J, Li F, Meng L, Zheng H, Cai F and Wang W 2015 Small 11
16. Yang M, Wysocki A and Ripoll M 2014 Soft Matter 10
17. Reigh S Y and Kapral R 2015 Soft Matter 11
18. Lugli F, Brini E and Zerbetto F 2012 J. Phys. Chem. C 116
19. Fedosov D A, Sengupta A and Gompper G 2015 Soft Matter 11
20. Ishikawa T, Simmonds M P and Pedley T J 2006 J. FluidMech. 568
21. Bricard A, Caussin J B, Desreumaux N, Dauchot O and Bartolo D 2013 Nature 503

УДК 621.431.74

Половинка Е.М., Мурадян П.С., Чічко К.А.
Національний університет “Одеська Морська Академія”

Експериментальне дослідження характеристик водо-мастильних емульсій

Вступ

Основними джерелами забруднення масла водою є [1]: абсорбція, тобто здатність масла абсорбувати вологу з повітря; конденсація вологи з повітря на внутрішніх конструкціях картера, вентиляційних трубах, на стінках цистерн над рівнем мастила; розгерметизація теплообмінників мастила, тріщини циліндрових втулок та кришок; потрапляння води з водяного затвору при пурифкації при неправильному підборі гравітаційного диска сепаратора, при порушенні герметизації місткостей зберігання мастила.

Вода в мастилі може знаходитися в трьох фазах. Перша фаза відома, як розчинена вода, вона характеризується дисперсійним складом молекул води по всьому об'єму мастила. Друга фаза — емульгована вода. Третя — вільна вода.

Наявність води в мастилі призводить до ряду небажаних явищ, таких як: погіршення захисних властивостей мастила через зменшення кількості диспергуючих та інших присадок, внаслідок чого підвищується зношування та корозія деталей; збільшення в розмірах забруднювальних частинок, які, висаджуючись у різних отворах, призводять до порушення режиму змащення та підвищення гідравлічних опорів в системі, порушення гідродинамічного режиму змащення підшипників; підвищення вірогідності враження мастила мікроорганізмами.

Хімічна та фізична стабільність змазки порушується навіть при незначній кількості води. Вода викликає хімічні реакції(гідроліз) з приєднаннями і атомами, що включають присадки до мастил, масляну основу та розчинені забруднювачі. У комбінації з киснем, теплом та металічними каталізаторами вода сприяє окисленню та виникненню вільних радикалів і пероксидних з'єднань. В такому випадку анти-окиснювальні присадки витрачаються як на нейтралізацію пероксидів, так і на розбивання ланцюгів окиснювальних реакцій для формування хімічно стабільних з'єднань.

1. Експериментальне дослідження

Далі будуть представлені матеріали з експериментальної частини даної роботи. Дослідження проводилося з використанням моторного мастила SAE 30 з розрідженням його водою, у відсотковому обсязі розрідження 0, 15, 23, 30 та 40 %. Для аналізу розчину використовувалася високошвидкісна змішувальна установка (рис. 1), пристрій для вимірювання в'язкості NDJ-1 (рис. 3), а також секундомір.

Контроль числа обертів виконується за рахунок задання напруги на електродвигун. Для нашого експерименту було проведено вимір напруги, який становив 21 В (рис. 2).

2. Проведення експерименту

Склад емульсії визначався як фіксована кількість мастила, з додаванням обсягу води, відношення обсягу води до обсягу мастила і є х-% емульсії. На рис. 5 демонструється стан водо-масляної емульсії після додавання води у мастило та витримки протягом 30 хвилин перед початком диспергування.

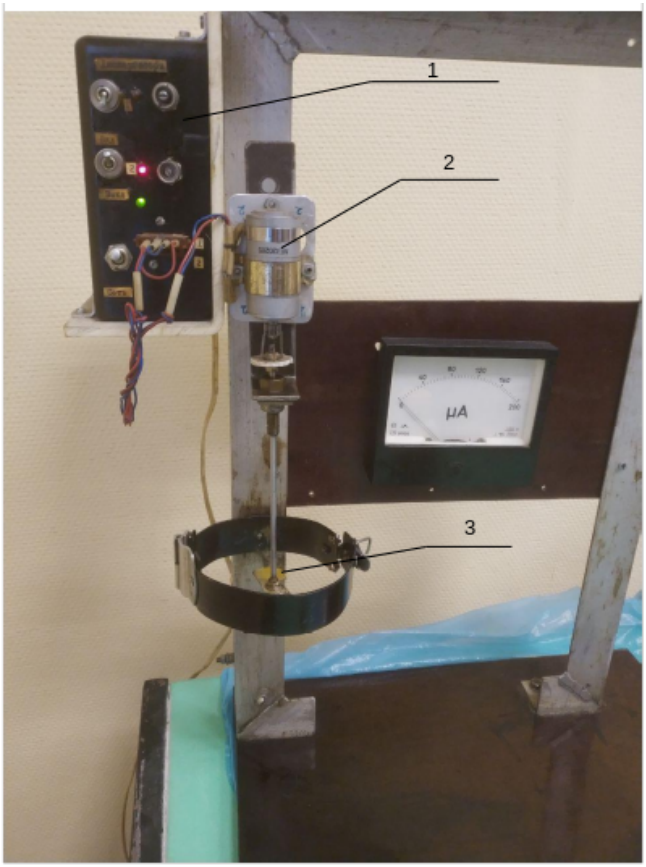


Рис. 1. Змішувальна установка
1 — блок управління, 2 — електродвигун, 3 — диспергатор.

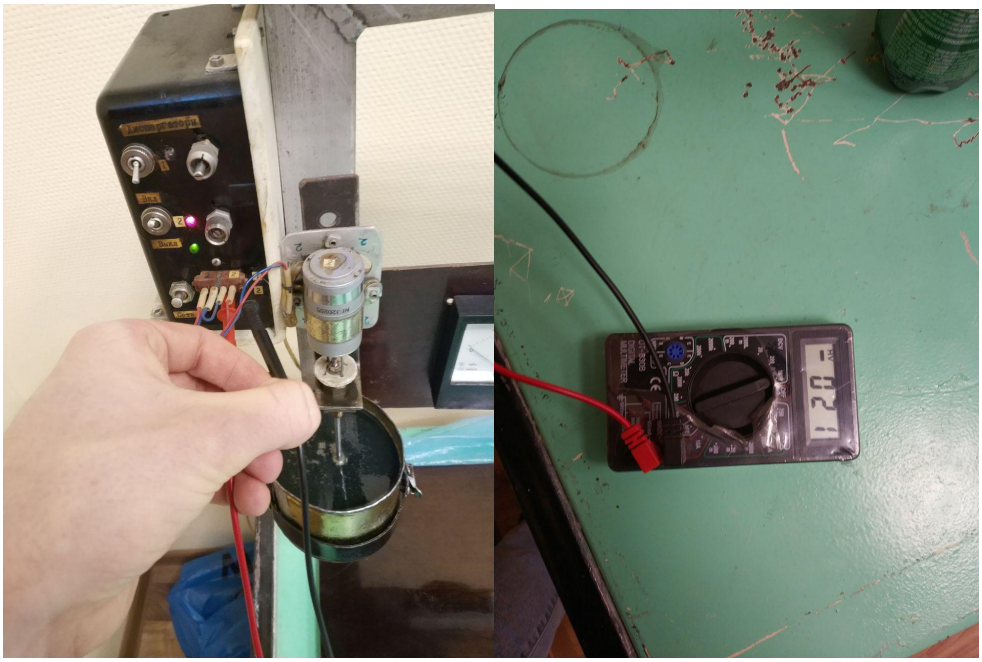


Рис. 2. Визначення напруги змішувального апарата

Рис. 3. Пристрій для вимірювання в’язкості

Рис. 5. 30% розчин мастила перед диспергацією

Мастило з резервуару перемістили до ємності, яка є частиною змішувальної установки (рис. 6). Наступним кроком було перемішування на одній швидкості з різною тривалістю, а саме: 60, 120 та 300 секунд.

(а) (б)

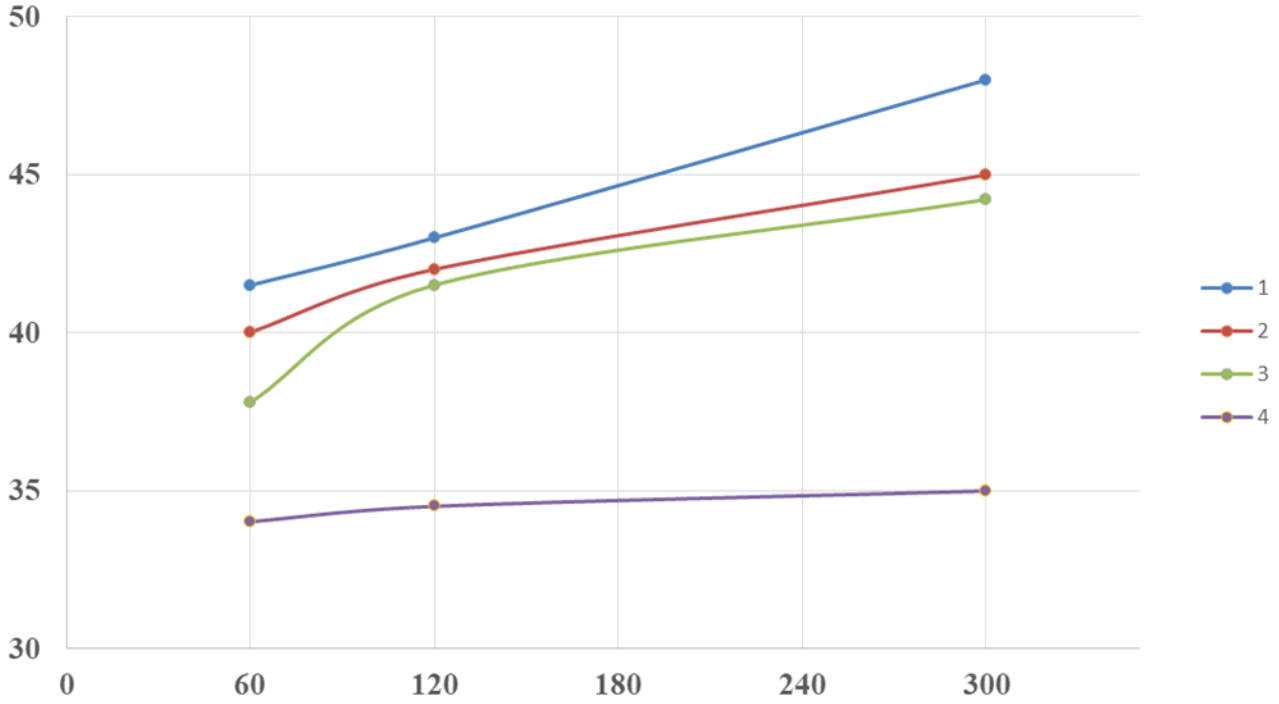
Рис. 6. (а) процес диспергації, (б) готова емульсія

Після кожного перемішування розчин мастила переливався в резервуар для проведення виміру в'язкості (рис. 7). Дані отриманні виміром були занесені до таблиці 1 та по ним побудована графічна залежність в'язкості від часу для мастила з різним % складом води (рис. 8), а також в'язкості від % частки води в мастилі за різний час змішування(рис.9).

Рис. 7. Вимірювання в'язкості

Табл. 1. Результати вимірювання в'язкості, мм^2/с від % кількості води в мастилі до часу диспергування

0%	15%	23%	30%	40%	час
В'язкість(мм^2/с)					
29.8	34	37.8	40	41.5	60 сек
29.8	34.5	41.5	42	43	120 сек
29.8	35	44.2	45	48	300 сек



де 1 — 40% емульсія, 2 — 30 % емульсія, 3 — 23% емульсія, 4 — 15% емульсія.

Рис. 8. Залежність в’язкості від часу перемішування

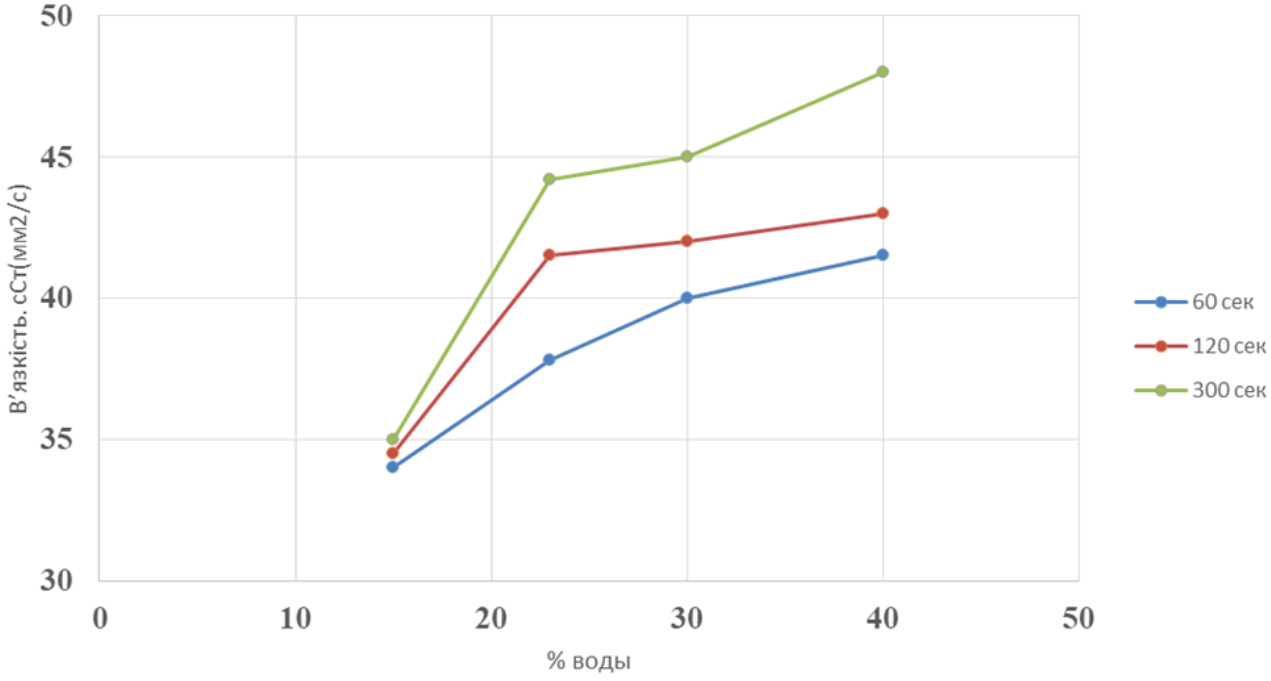


Рис. 9. Залежність в’язкості від % частки води в мастилі

Наступним етапом роботи було проведення мікроскопічного аналізу, а також дисперсійного за рахунок використання програмного забезпечення. У якості мікроскопа використовувався Bresser Biolux Advance, його характеристика приведена у табл. 2.

Для фіксації зображення у мікроскопі використовувалася програма Photomizer 2 Bresser Edition. Виходячи з наявності фотографій крапель (рис. 10) ми виконали дисперсійний аналіз за допомогою програми ImagePro Plus 6.0. Image-Pro Plus (IPP) компанії Media Cybernetics являє собою найбільш по-

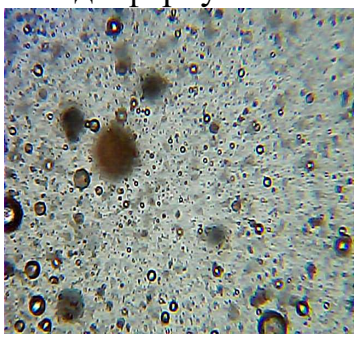
вний програмний пакет для професійної обробки і аналізу зображень в наукових дослідженнях, контролю якості, аналізу матеріалів і багатьох інших медичних, біологічних і промислових додатках.

Табл. 2. Характеристика мікроскопа

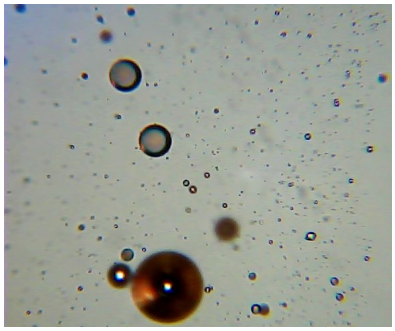
Наближення: 20 – 400х
Вбудована цифрова камера
Три високоякістних об’єктива (4х/10х/40х)
Окуляр WF5
Лінза Барлоу 2х
Регулююча підсвітка

За рахунок своєї функціональності і розширюваності, Image-pro Plus в даний час є стандартом програмного забезпечення аналізу зображень. Програма відрізняється простим, дружнім і інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, інтегрує в собі текст, дані обчислень і вимірів (у тому числі статистичні) і графіку. Дана програма дозволяє проводити як прості (вручну), так і складні автоматизовані виміри. Абсолютне геометричне калібрування, тісно пов'язане з конкретним пристроєм здобуття зображень, забезпечує здобуття даних в потрібних одиницях виміру.

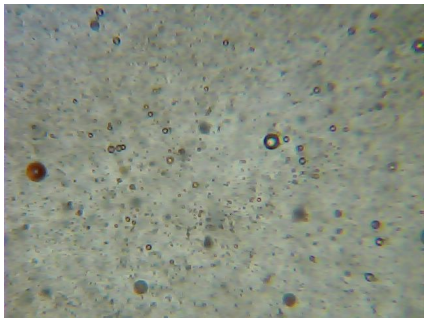
Технології фільтрації та сегментації дозволяють розділити об'єкти, що перекриваються, продовжити «рвані» краї і розпізнати кластери. Після проведення операції сегментації, кожній групі об'єктів може бути зіставлений певний колір для кращої візуальної ідентифікації та класифікації. Отримані дані можна порівнювати, аналізувати, візуалізувати з використанням таблиць з довільним сортуванням, гістограм, діаграм розсіювання, лінійних профілів, псевдо фарбування.



х=23%



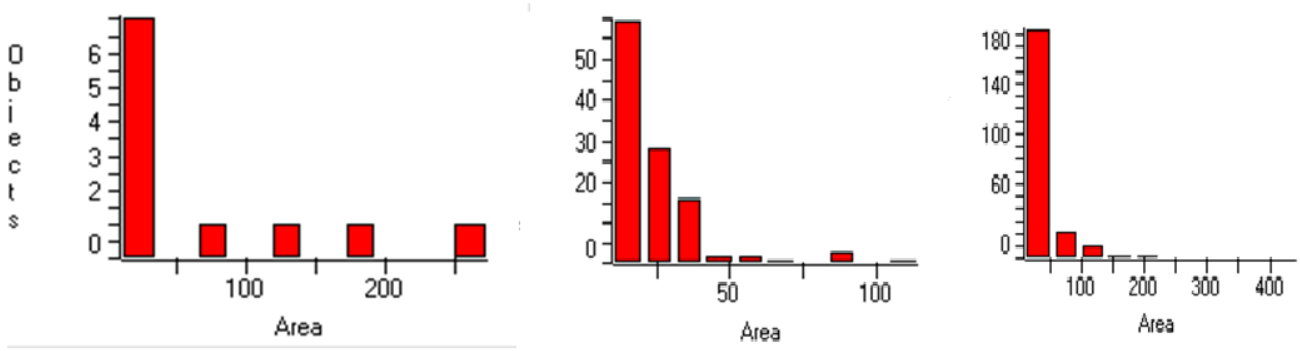
х=30%



х=40%

Рис. 10. Фото емульсії при різному % складі води

Було побудовано гістограми, на яких відображена кількість крапель та їх площа, а також графічна залежність середнього діаметра краплі від відсоткового складу води (рис. 11, 12).



23% 30% 40%

Рис. 11. Гістограми кількості об’єктів та їх площі при різному % складі води.

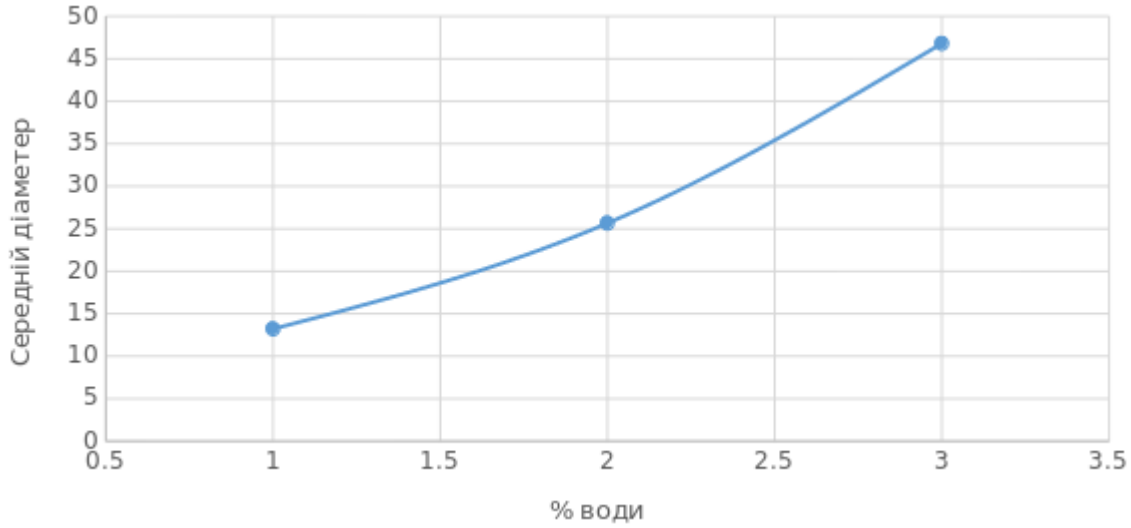


Рис. 12. Залежність середнього діаметру від % складу води.

Висновки

Результуючи проведений вище експеримент, можна виділити основні висновки.

З підвищенням відсоткового складу води в мастилі в’язкість зростала. При збільшенні часу змішування в’язкість йшла в гору.

Чим більшим був відсотковий склад води в мастилі, тим більша кількість крапель займала меншу площу на знімку. Те ж саме можна сказати і про середній діаметр краплі, він зростав разом зі зростанням % частки води.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Холчев Є. С., Удосконалення технічної експлуатації масляних систем суднових дизельних установок, Одеса - 2005

УДК 621.165226

Веретеннік О.М., Аболєшкін С. Є.
Національний університет «Одеська морська академія»

Особливості експлуатації суднових утилізаційних парових турбін

Протягом тривалого часу двигунобудівники прагнули підняти теплову ефективність дизелів і досягти віхи в 50%. Нарешті ця віха досягнута й навіть перевершена. Біля 50 % теплової енергії, що виділяється при згорянні палива, сьогодні перетворюється на корисну роботу, що забезпечує рух судна. Порядку 50 % відпрацьованого тепла являє додатковий ресурс енергії, який теоретично можна використовувати на судні для виробництва пари й електроенергії в утилизационных турбиных для обігріву й роботи допоміжного устаткування.

Завдяки простоті й низьким капітальним витратам більшість суднових утилізаційних котельних установок працюють на насиченій парі з тиском не вище 0,7 мПа, що використовується для нагрівання приміщень, підігріву важкого палива в танках запасу й видаткових цистернах, перед паливними й масляними сепараторами та для інших технічних завдань.

Схема утилізації теплоти випускних газів енергетичної установки сучасного контейнеровозу з використанням турбогенераторів наведена на рис. 1.

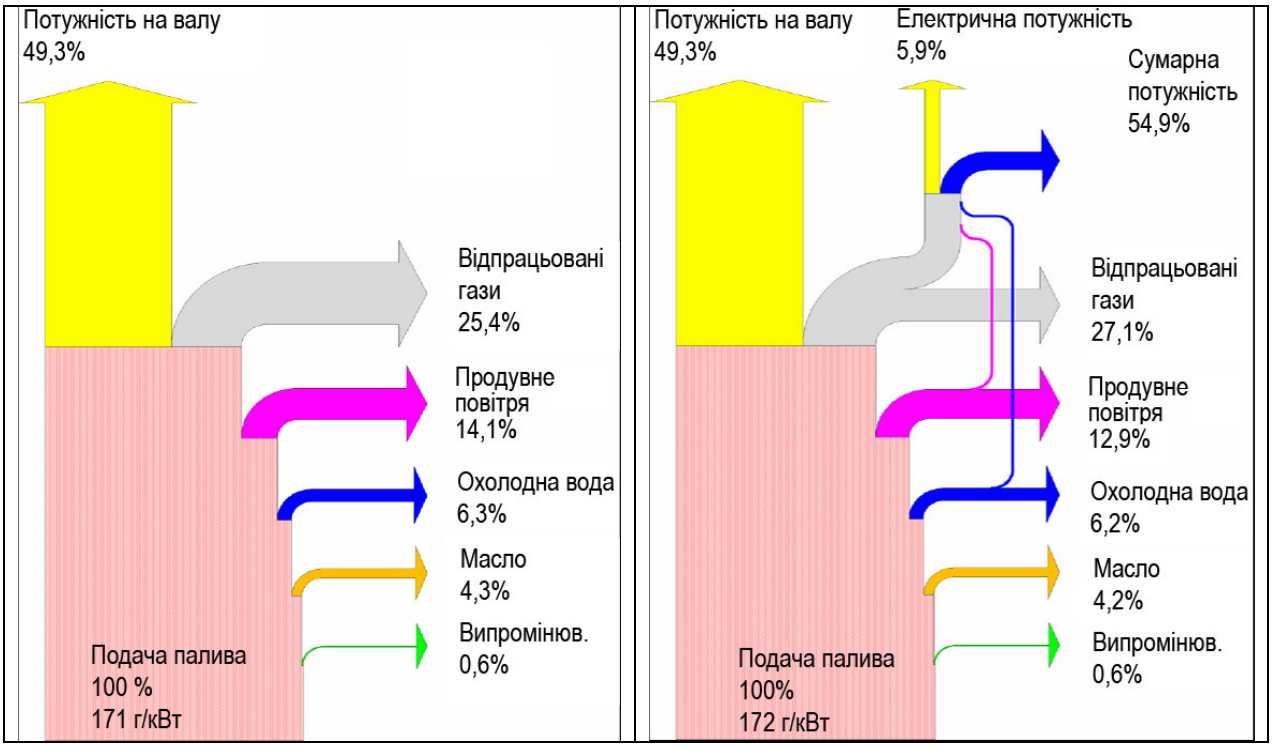


Рис. 1 Застосування утилізаційної теплоти випускних газів енергетичної установки сучасного контейнеровозу

Робота утилізаційної турбіни може здійснюватися у деякому діапазоні температур і тисків.

Для розглянутої турбіни:

- абсолютний тиск свіжої пари може змінюватися від 0,6 до 1,0 МПа;
- температура свіжої пари від 270 до 300°С;

- тиск пари в конденсаторі від 0,005 до 0,008 МПа;
- частота обертання турбіни постійна й становить 8000 об/хв.

Утилізаційні турбіни сучасних комбінованих енергетичних установок працюють на низькопотенційному теплі, при температурі пари, що не перевищує 300 С, тоді як потужні парові турбіни працюють при температурах понад 400 С. При низькій температурі пари на вході та невисоких параметрах тиску пари (0,6…1,5 мПа) крива її конденсації проходить досить високо, і значна частина ступенів працює на вологій парі.

У конденсаційних турбінах з низкими початковими параметрами пари останні рівні працюють в області нижче за лінію насичення, тобто робочим середовищем в них є волога пара. У турбінах насиченої і слабко перегрітої пари, число рівнів, що працюють вологою парою істотно більше. Є турбіни, в яких у всіх рівнях пар вологий.

Дослідження, що проводилися в експериментальних турбінах [1,2], показали, що при роботі вологою парою економічність рівнів знижується. Це пояснюється наступними причинами:

- збільшенням втрат енергії в решітках;
- втратами енергії на розгін вологи в зазорі у зв'язку з меншою швидкістю вологи, особливо великодисперсної, і тертям між парою і рідкою фазою;
- ударною, гальмівною дією часток рідини, що потрапляють на робочі лопатки;
- додатковими втратами в робочих решітках, що обертаються.

Доля окремих складових втрат в загальному зниженні ККД при роботі вологою парою різна і залежить від багатьох фізичних і геометричних чинників. Проте, в більшості випадків в рівнях багатоступінчастих турбін вирішальними є втрати на гальмування і на розгін великодисперсної вологи.

Робота на вологій парі призводить до зносу робочих лопаток. На рис. 2 наведено знос лопатки отриманий в реальних умовах, і залежність площі зносу від тривалості роботи лопатки.

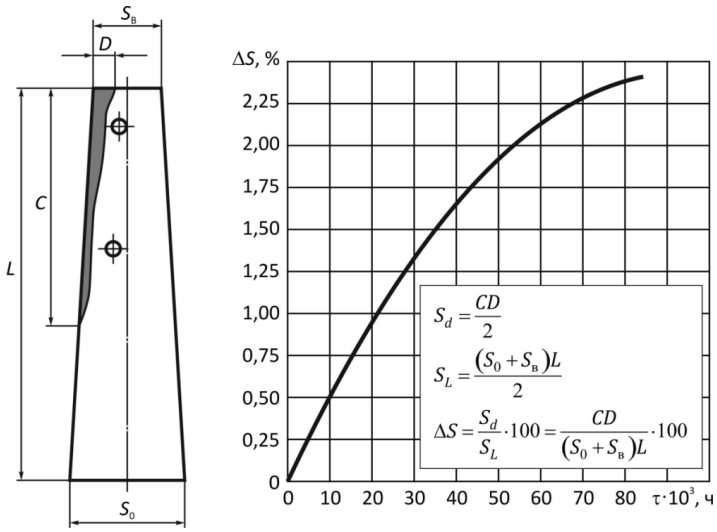


Рис. 2 Залежність площі зносу від тривалості роботи лопатки

За формулою S_d ми знаходимо площу трикутника форму зношеної частини лопатки. S_L — це площа лопатки яку ми знаходимо по формулі площі трапеції. ΔS дає нам відношення зношеної частини до загальної частини лопатки і показує це у процентному співвідношенню.

Незважаючи на нібито невеликий відсоток зносу, з рисунку видно, що у верхній частині область зносу загрозливо наблизилась до бандажного стрижня, що при наявності коливань повинно призвести до руйнування лопатки задовго до її повного зношування.

Аналізуючи робочі процеси рис.3, ми бачимо, що при збільшенні початкового тиску зростає наявний теплоперепад турбіни, а отже й ККД. В той же час кількість ступенів, що працюють на вологій парі, зростає, що призводить до зменшення строку експлуатації. Турбіна стає менш надійною. Таким чином, вибір початкових показників пари (тиску та температури) є компромісом між потужністю, ККД й надійністю турбіни.

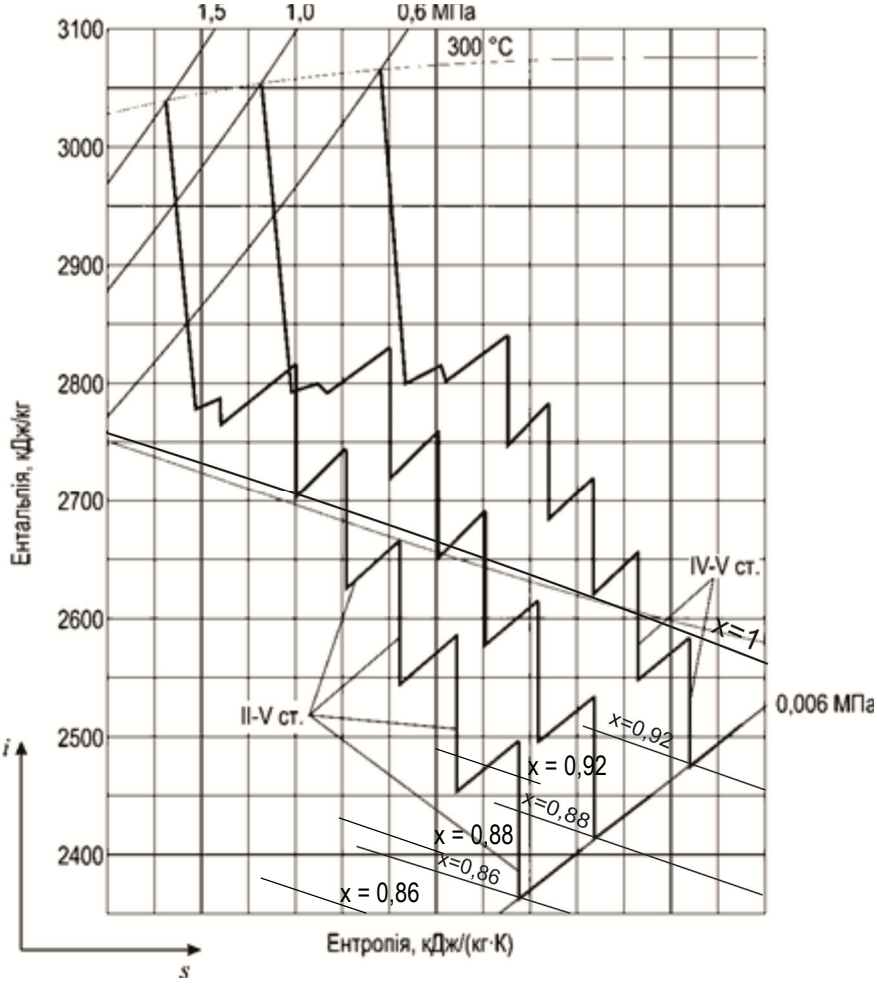


Рис. 3 Робочий процес у турбіні в діаграмі *i – s* при різних значеннях тиску пари на вході в турбіну

З точки зору ефективності розглянутої в роботі турбіни найкращим режимом є робочий режим при p_0 =1 МПа. Однак слід зважати на те, що при вологості близькою до 12% (яка є критичною) сильно збільшується ерозійне зношування, що знижує надійність турбіни, і скорочує її середній наробіток на відмову, тому в разі потреби забезпечити підвищений ресурс або більш високу

надійність турбіни бажано переходити на нижчі параметри пари, з початковим тиском p_0 =0,6…0,7 МПа.

На рис. 4 показано криві зміни вологості по ступенях тиску залежно від тиску пари на вході в турбіну. Горизонтальна лінія, яка проведена на рівні 12% вологості, визначає область недопустимих режимів роботи. Вертикальна лінія, яка проведена на рівні 12% вологості показує найбільш ефективний режим роботи, не зважаючи на те, що остання ступінь працює при вологості близькій до критичної. Прямокутником виділена зона недопустимих режимів роботи турбіни.

Рис. 4 показує ефективність та надійність роботи турбіни при різних початкових тисках пари. Так, p_0 от 1,5 до 1 мПа унеможливлює роботу турбіни при таких тисках, тому що останні ступені працюють на парі, вологість якої більша за 12%. Режим p_0 от 1 до 0,8 мПа дозволяє використовувати такий початковий тиск при якому вологість меньше чем 12%, але при цих тисках пари все одно останні ступені працюють на вологості близькій до критичної, що дуже негативно впливає на надійність турбіни. Режим p_0 от 0,7 до 0,6 мПа показує найбільш вдалі режими роботи турбіни.

Можна приймати [1-3], що к.к.д. щаблі турбині, що працює в області вологої пари, визначається по формулі

$$\eta_{oi}^{вл} = \eta_{oi}^{n} - \xi_n - \xi_p - \xi_{уд},$$

де η_{oi}^{n} к.к.д. ступени на перегретом паре;

ξ_n потери энергии в ступени от переохлаждения;

ξ_p потери энергии на разнон капель;

$\xi_{уд}$ потери энергии на удар капель о лопатку.

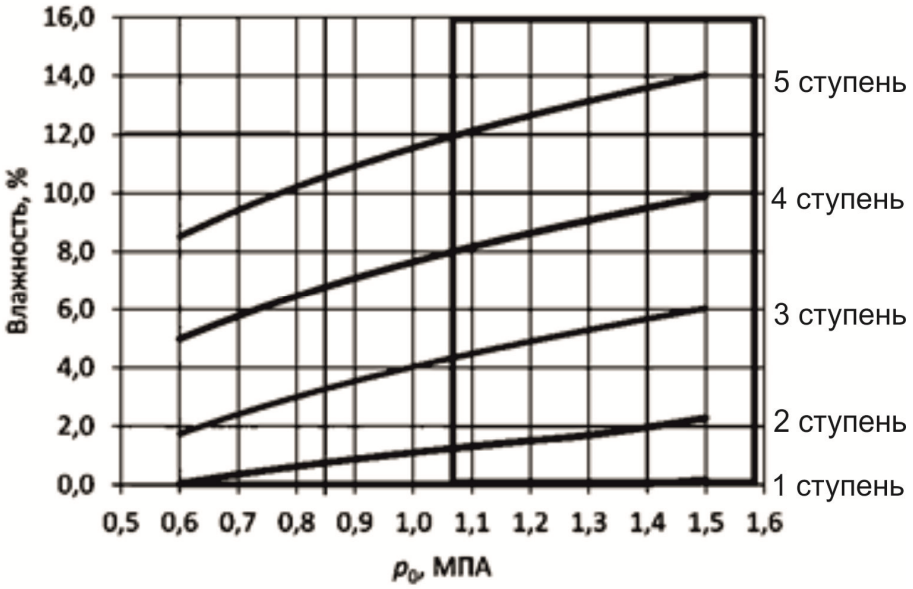


Рис. 4 Криві зміни вологості по ступенях тиску залежно від тиску пари на вході в турбіну

На рис. 5 наведено залежність відносного ККД турбіни від початкового тиску пари. Видно, що максимальний ККД відповідає тиску близько 0,85 МПа.

Однак з попереднього аналізу (див. рис.5) випливає, що при такому тиску на останніх ступенях вологість пари перевищує 10%, що близько до гранично допустимого ступеня вологості (12%). Таким чином, найбільш прийнятний режим роботи відповідає тиску пари 0,6÷0,7 МПа, при якому зниження відносного ККД не перевищує 0,5%. В той же час істотно збільшується довговічність турбіни. Аналогічно попереднім таблиці й рисунку зазначено недопустимі параметри роботи, зеленою заливкою — найбільш сприятливі.

Результати проведеного аналізу впливу початкового тиску пара в останніх щаблях влажнопарових суднових турбін дозволяють уникнути несприятливих (з точки зору кінцевої вологості) режимів роботи і тим самим підвищити їх економічність і ерозійну надійність.Найбільш економічний режим роботи для утилізаційних парових турбін, що використовують низькопотенційне тепло відпрацьованих газів, тобто працюють на вологій парі зі значним ступенем вологості є режим з тиском пари на вході в турбіну близько 0,7 МПа. Збільшення тиску веде до істотного підвищення вологості і зниження ККД через вологість пари. Зниження тиску менше 0,6 МПа істотно позначається на ККД турбіни, до того ж швидко зменшується наявний теплоперепад, що робить застосування утилізаційної турбіни недоцільним.

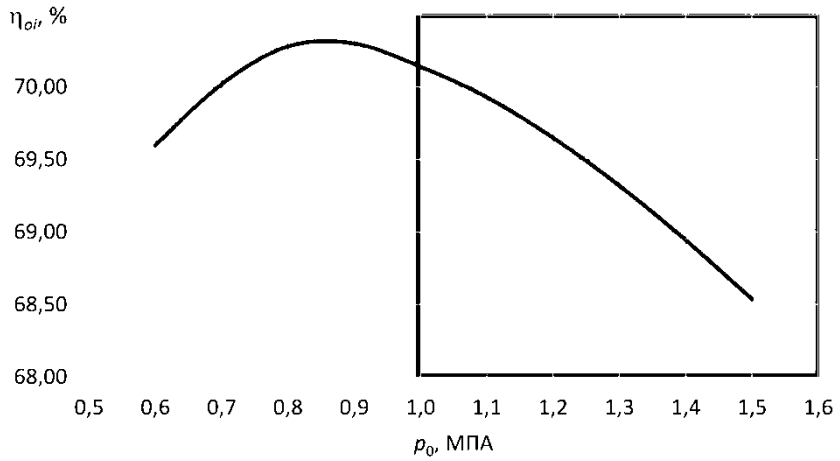


Рис. 5 Залежність внутрішнього відносного ККД турбіни від початкового тиску пари

Висновки

Тут не розглядався вплив початкової температури Т0 на вологість пари. У якості рорахункової була обрана Т0=300 С, як максимально досяжна на виході з утилізаційного котла. Зменьшення температури пари на вході в турбіну приводить до зменшення розташовуваного теплоперепада турбіни й снижению її ККД, а так само до збільшення вологості пари за турбіною.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Филиппов Г.А., Парова О.А., Пряхин В.В. Исследования и расчет турбин влажного пара. М.: Энергия, 1993. 212 с.
2. Майорский Е.В., Трояновский Б.М., Гарагуля Б.А. Исследование и совершенствование последней ступени влажнопаровой турбины. М.: Сб.труды МЭИ. 1985, Вып.583. С. 34 41.

3. Матвеев Г.А., Молчанов Ю.С. Расчет КПД турбинной ступени, работающей на влажном паре. Л.: Судостроение. 1982, №7. С. 27 33.
4. Левеннберг В.Д. Судовые малорасходные турбины. Л.: Судостроение. 1986. 183 с.
5. Душин Ю.К. Развитие судовой энергетики. Л.: Судостроение. 1989, №8,9. С. 55 61.

УДК 621.426

Заблоцкий Ю.В.
Национальный университет “Одесская морская академия”

Обеспечение уровня тепловой напряженности судовых дизелей путем химической обработки топлива

Преобразование потенциальной энергии топлива в полезную работу, происходящее в двигателе внутреннего сгорания, сопровождается тепловыми потерями. В современных судовых дизелях полезно используется лишь 45…50 % от тепловой энергии, подводимой в цилиндр с топливом. Остальная часть тепловой энергии, получаемой при сгорании топлива, не обеспечивает получение эффективной мощности, при этом основной ее поток теряется с выпускными газами. Это приводит к возникновению тепловой напряженности в элементах цилиндропоршневой группы и газо-выпускной системы дизеля. Повышение температуры выпускных газов выше допустимых значений, или недопустимое рассогласование ее величины по отдельным цилиндрам дизеля может привести к повышенным тепловым нагрузкам, для снижения уровня которых необходимо уменьшать цикловую подачу топлива, снижая, тем самым, эффективную мощность дизеля.

Повышению температуры выпускных газов (и связанной с ней тепловой напряженностью) может также способствовать неправильная регулировка или ухудшение технического состояния топливной аппаратуры высокого давления, а также эксплуатационные свойства топлива, влияющие на температуру самовоспламенения и период задержки воспламенения. Для улучшения качества сгорания топлива оно подвергается предварительной подготовке, при этом из топлива не только удаляются механические примеси и вода, но и изменяются его реологические характеристики (вязкость и плотность), а также (за счет химической обработки) активируются межмолекулярные связи. Использование присадок к топливу считается одним из путей повышения топливной экономичности дизелей. В связи с этим целью исследования являлось определение влияния топливных присадок на тепловую напряженность судового дизеля [1].

Исследования проводились на судовом четырехтактном дизеля 6N21L Yanmar, со следующими основными характеристиками:

- диаметр цилиндра – 210 мм;
- ход поршня – 290 мм;
- частота вращения коленчатого вала – 720 мин$^{-1}$ (об/мин);
- количество цилиндров – 6;

• номинальная мощность – 680 кВт [2].

В состав судовой энергетической установки входило три названных дизеля, использующихся в качестве дизель-генераторов. Это позволило два дизеля использовать для проведения экспериментов, а один оставлять в качестве «контрольного». Схема топливной системы дизелей приведена на рис. 1. Топливная система «контрольного» дизеля (КД) не подвергалась модернизации. Топливная система «экспериментальных» дизелей (ЭД) дооборудовалась расходомером *6* и дозатором присадки *7*. Такая организация подачи присадки в топливную систему обеспечивала требуемую дисперсию и равномерный уровень ее растворения в топливе.

Режимы работы судовой электростанции характеризуются разнообразием изменения нагрузки [3], значения которой для рассматриваемой СЭУ колебались в диапазоне от 180…200 кВт (когда в эксплуатации находился один из дизелей) до 1500…1600 кВт (когда эксплуатировались три дизеля, работающие в параллельном режиме).

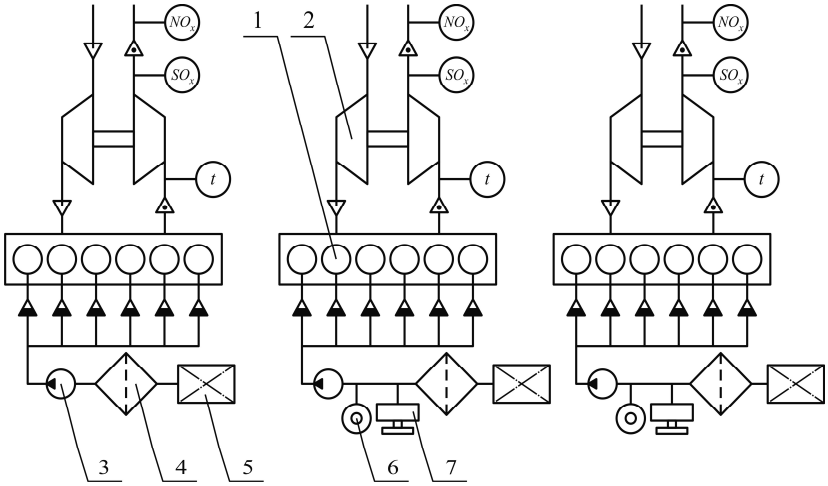


Рис. 1. Судовая топливная система (фрагмент):
1 – дизель; *2* – газотурбокомпрессор; *3* – топливоподкачивающий насос;
4 – топливный фильтр грубой очистки; *5* – расходная цистерна;
6 – расходомер; *7* – дозатор присадки

В случае, когда дизели работали в параллельном режиме по любой из схем подключения: КД-ЭД, КД-ЭД-ЭД, ЭД-ЭД, нагрузка на каждый из них составляла N_e=300…600 кВт и поддерживалась на одинаковом уровне с отклонением ±10 кВт.

В течение всего времени проведении эксперимента осуществлялся контроль времени работы и эксплуатационной нагрузки на дизели. Для достижения равномерного распределения времени работы дизелей, двигатели последовательно переводились в режим stand-by. Путем переподключения потребителей энергии рассогласование мощности дизель-генераторов, на которых происходили исследования, не превышало 10 кВт, что для таких энергоемких объектов можно считать незначительным отклонением, а условия их работы идентичными. Эксплуатация двигателей проводилась на одном и том же сорте топлива. При этом средства автоматического контроля поддерживали вязкость

топлива неизменной в течении всего эксперимента. Идентичными поддерживался сорт циркуляционного масла, обеспечивающего режимы смазывания и его эксплуатационные характеристики, а также температуры в контуре охлаждения пресной водой [4]. Данные мероприятия позволили считать, что выполнение эксперимента производилось в одинаковых условиях.

Температура газов на выходе из цилиндра двигателя является одной из характеристик, определяющих как качество протекания рабочего цикла, так и степень тепловой напряженности деталей дизеля. Наиболее часто ее измеряют в выпускной магистрали перед газотурбонагнетателем. На рис. 2 показаны зависимости усредненной по всем цилиндрам температуры газов на выходе из дизеля $t_г$ от его относительной мощности $N_e/N_{e\text{nom}}$ для разных условий их эксплуатации (только на топливе и на топливе с различной концентрацией присадки). Как видно из рис. 2, применение присадок к топливу способствует снижению температуры газов на выходе из дизеля, что свидетельствует о более полном сгорании топлива и максимальном использовании тепловой энергии газов в цилиндре. При этом минимальную температуру выпускных газов $t_г^{min}$=383°С обеспечивало использование топлива с концентрацией присадки 1:6000. При концентрации присадки в топливе 1:2000 наблюдалась максимальная (для «экспериментальных» дизелей) температуры выпускных газов $t_г^{max}$=397°С, однако ее величина была меньше температуры $t_г$=407°С на «контрольном» дизеле. Среднее значение $t_г$ при использовании топлива с различной концентрацией присадки составляло $t_г^{ср}$=391°С.

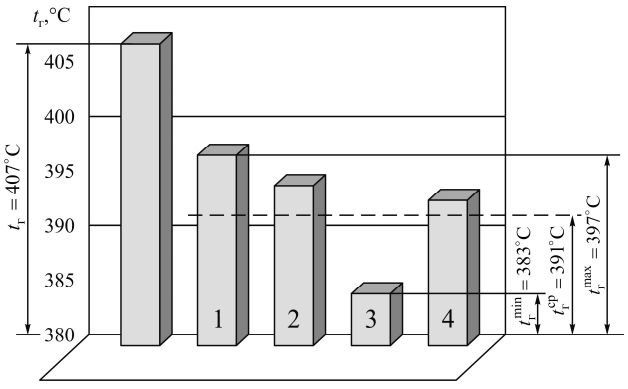


Рис. 2. Зависимости средней температуры уходящих газов $t_г$ по цилиндрам дизеля 6N21L для «контрольного» дизеля и «экспериментальных» дизелей, работающих на топливе с концентрацией присадки: 1 – 1:2000, 2 – 1:4000, 3 – 1:6000, 4 – 1:8000

Для судовых дизелей при оценке уровня тепловой напряженности немаловажным также является степень рассогласования температуры выпускных газов по отдельным цилиндрам. Отклонение температуры выпускных газов одного из цилиндров от среднего значения по всем цилиндрам дизеля может свидетельствовать о неправильной регулировке или ухудшении технического состояния топливной аппаратуры высокого давления. Еще одной причиной повышенного рассогласования температуры уходящих газов по цилиндрам дизеля может являться ухудшение процесса смесеобразования и сгорания топли-

ва. При проведении экспериментов было определено меньшее отклонение температуры выпускных газов по цилиндрам дизеля от его усредненного значения $t_{\text{г}}^{\text{ср}}$ при использовании присадки к топливу. Для «контрольного» дизеля (при значении относительной мощности дизеля Ne/Nenom=78%) при величине $t_{\text{ср}}^{\text{г}}$=407°С этот параметр составил $\Delta t_{\text{ср}}^{-}$=12°С, $\Delta t_{\text{ср}}^{+}$=13°С. Для «экспериментального» дизеля при использовании топлива с концентрацией присадки 1:2000 при среднем значении температуры выпускных газов $t_{\text{ср}}^{\text{г}}$=397°С отклонения составили $\Delta t_{\text{ср}}^{-}$=10°С, $\Delta t_{\text{ср}}^{+}$=12°С. При использовании топлива с концентрацией присадки 1:6000 для среднего значения температуры выпускных газов $t_{\text{ср}}^{\text{г}}$=383°С отклонения составили $\Delta t_{\text{ср}}^{-}$=5°С, $\Delta t_{\text{ср}}^{+}$=7°С. (рис. 3).

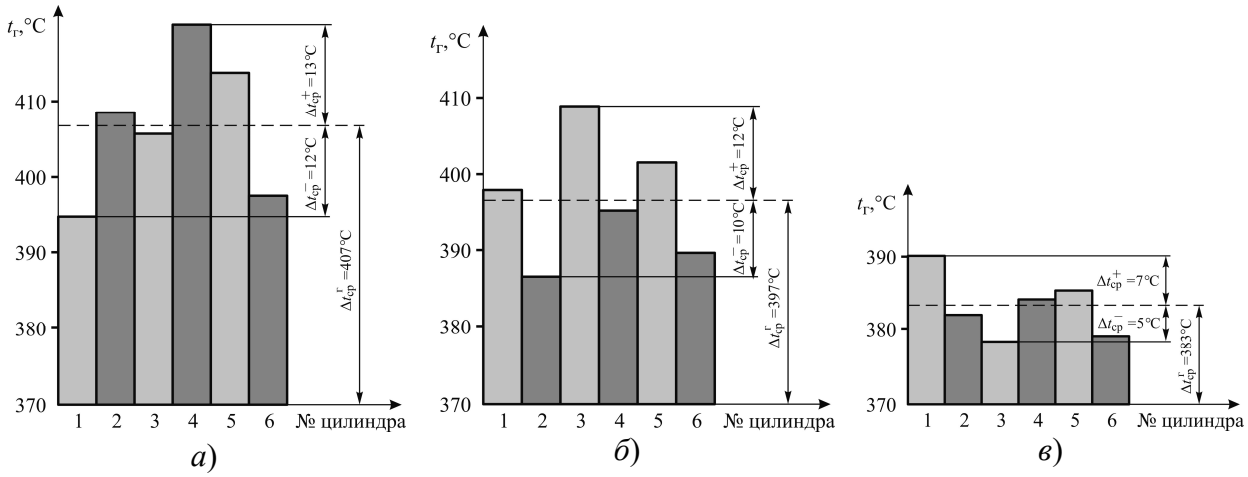


Рис. 3. Рассогласование температуры выпускных газов $t_{\text{г}}$ по цилиндрам дизеля 6N21L при разных условиях проведения эксперимента:
а) работа дизеля без использования топливной присадки; *б*), *в*) работа дизеля с использованием топливной присадки с концентрацией 1:2000 и 1:6000 соответственно

Снижение уровня тепловой напряженности элементов судового ДВС может быть достигнуто за счет оптимизации и совершенствования процесса сгорания топлива, что можно обеспечить путем использования присадок к топливу.

Полученные результаты исследований позволяют сделать следующие выводы.

1. При использовании топливных присадок, концентрация которых в топливе может варьироваться в пределах 1:8000…1:2000, обеспечивается снижение температуры газов перед газотурбонагнетателем на 4,1…8,2 %, что приводит к снижению тепловой напряженности деталей ЦПГ и газо-выпускной системы дизеля.

2. При использовании присадок к топливу на 46,2…58,3% снижается рассогласование значения температуры выпускных газов по отдельным цилиндрам от ее среднего значения. Это обеспечивает выравнивание тепловой нагрузки по всем цилиндрам дизеля и также уменьшает возникающую в нем тепловую напряженность.

3. Концентрация присадки в топливе имеет оптимальное значение, определяется экспериментально и зависит от характеристик дизеля и используемого топлива. Для определения оптимальной концентрации присадки необходимы дополнительные исследования, которые (при наличии разработанной технологической карты) могут быть выполнены силами судового экипажа.

Рассмотренный способ химической обработки топлива за счет использования присадок, включающих в свой состав поверхностно-активные вещества, является примером использования нанотехнологий в судовой энергетике.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sagin S. V. Cavitation Treatment of High-Viscosity Marine Fuels for Medium-Speed Diesel Engines / S. V. Sagin, V. G. Solodovnikov // Modern Applied Science. – 2015. – Vol. 9. – № 5. – P. 269-278. DOI:10.5539/mas. v9n5p269.
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. – 2016. – Vol. 9. – Iss. 46. – P. 353-362. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i46/107516.
3. Zablotsky Yu. V. Reducing of thermal factor of exit-gas system of marine medium-speed diesel engine due to the usage of fuel additives / Yu. V. Zablotsky // Science and Education : material of the XIII international research and practice conference, Munich, November 2nd – 3rd, 2016. – Munich : Vela Verlag Waldkraiburg. – 2016. – P. 96-103.
4. Zabloysky Yu. V. Maintaining Boundary and Hydrodynamic Lubrication Modes in Operating High-pressure Fuel Injection Pumps of Marine Diesel Engines / Yu. V. Zabloysky, S. V. Sagin // Indian Journal of Science and Technology. – 2016. – Vol. 9. – Iss. 20. – P. 208-216. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i20/94490.

УДК 621.629

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

Обеспчение уровня эмиссии оксидов азота судовых четырехтактных дизелей

Судовые двигатели внутреннего сгорания (ДВС), которые используются на всех без исключения морских и речных судах, исполняя при этом функции как главных, так и вспомогательных двигателей, являются источниками повышенного загрязнения водной и воздушной среды [1]. Путем использования специальных технологий и оборудования по очистке нефтесодержащих вод, а в некоторых случаях за счет полного отказа от сброса нефтесодержащих вод, возможно минимизировать или полностью избежать загрязнения водной среды. Обеспечить работу судовых ДВС без загрязнения воздушной среды, невозможно, поскольку их рабочий цикл неизбежно включает в свой состав процесс выпуска отработавших газов. Судовые ДВС, которые находятся в эксплуата-

ции, требуют постоянного поиска эффективных способов снижения токсичности выпускных газов, в первую очередь, выбросов оксидов азота NO_X.

Разрабатываемые в настоящее время способы снижения уровня эмиссии NO_X связаны с изменением конструкции дизелей и возможны только на стадии проектирования. При этом для находящихся в эксплуатации дизелей, изменение конструкции которых либо не возможно, либо требует значительных капиталовложений, задача снижения концентрации NO_X в выпускных газах может быть решена путем оптимизации режимов их технической эксплуатации. Учитывая это, задачей исследования являлось определение оптимального (по критериям энергетической и экономической эффективности) уровня перепуска выпускных газов в газовыпускной системе (ГВС) выпускная магистраль – ГТН – выпускная магистраль [2]

Одним из способов, обеспечивающих снижение эмиссии NO_X, считается система управления выпускными газами, которая обеспечивает либо рециркуляцию выпускных газов (exhaust gas recirculation – EGR), либо перепуск выпускных газов (Exhaust gas wastegate – EGW) [3].

Система EGW рекомендуется некоторыми дизелестроительными фирмами (например, Wartsila-Sulzer) для ограничения давления наддувочного воздуха при высоких нагрузках. В то же время, система EGW может использоваться для снижения выбросов NO_X. Для подтверждения этого на судовом среднеоборотном дизеле 6L20 фирмы Wartsila, выполняющим функции дизель-генератора в составе судовой электростанции и оборудованном системой EGW выполнялся комплекс исследований, целью которых являлось определение влияния перепуска газов в ГВС на его экологические и экономические показатели работы [4].

Принципиальная схема системы EWG судового дизеля 6L20 фирмы Wartsila показана на рис. 1 [5].

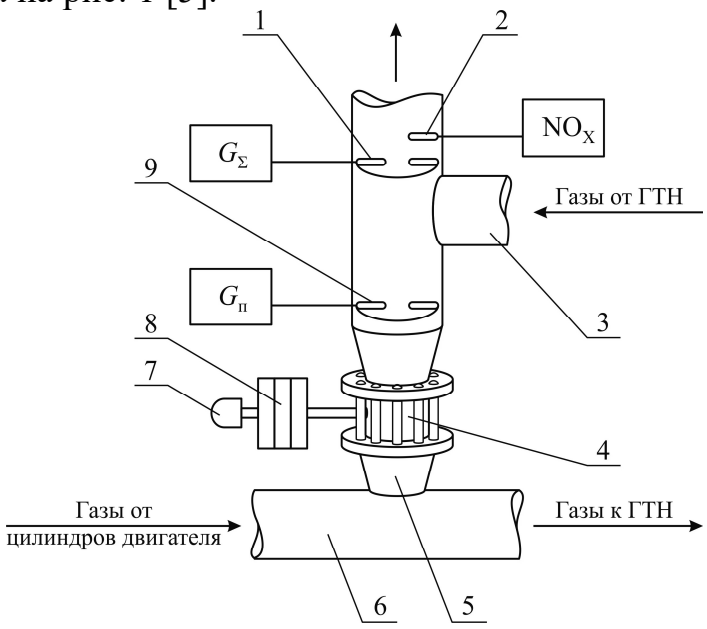


Рис. 1. Принципиальная схема ГВС судового среднеоборотного дизеля 6L20 Wartsila с системой перепуска выпускных газов EWG:
1, 9 – точки контроля основного и перепускного расхода газов; 2 – точка контроля концентрации NO_X; 3, 6 – выпускные магистрали основного потока газов;

4 – перепускной клапан (wastegate); 5 – выпускные магистрали перепускного потока газов; 7 – контроллер положения перепускного клапана; 8 – пневматический привод перепускного клапана

Согласно инструкции по эксплуатации дизеля система EWG обеспечивает перепуск газов в диапазоне 0…10 %.

Концентрация NO_x в выпускных газах определялась в точке 2 с помощью газоанализатора Testo350XL. Во время эксперимента с помощью судовых измерительных средств (расходомера, установленного на магистрали подвода топлива к топливным насосам высокого давления, и таймера) определялся удельный эффективный расход топлива b_e.

Погрешность в измерении расхода газов, определяемого расходомером MT100S, не превышала ±0,5 %, погрешность в измерении эмиссии NO_X в выпускных газах газоанализатором Testo350XL составляла ±3,5 %, погрешность в определении удельного эффективного расхода топлива не превышала ±2,5 %.

Дизель, на котором выполнялись экспериментальные исследования, обеспечивал мощностью постоянные группы потребителей. При этом (в зависимости от исследуемых режимов) его мощность составляла 660 кВт, 805 кВт, 890 кВт, 1010 кВт, что соответствовало $0{,}55N_{еном}$, $0{,}67N_{еном}$, $0{,}74N_{еном}$, $0{,}83N_{еном}$. Погрешность в изменении мощности не превышала ±1,5 %.

В состав судовой электростанции входило три однотипных дизеля, поэтому в случае изменении количества потребителей энергии и их мощности, требуемая нагрузка перераспределялась на дизели, не задействованные в эксперименте, а дизель, на котором проводились исследования, эксплуатировался на постоянной нагрузке. Кроме того, при проведении эксперимента на дизеле поддерживались постоянные температурные режимы в системах смазывания и охлаждения. Результаты исследований представлены на рис. 2 [6].

Приведенные результаты позволяют сделать следующие выводы. Система перепуска выпускных газов (Exhaust gas wastegate – EGW) рекомендуется и используется некоторыми дизелестроительными фирмами (например Wartsila) для снижения давления наддувочного воздуха на повышенных нагрузках судовых дизелей. Система EWG обеспечивает перепуск отработавших в цилиндре газов в диапазоне 0…10 % от их общего объема непосредственно в выпускную трубу без использования их энергии в ГТН. При этом систему EWG возможно использовать для обеспечения экологических параметров работы ДВС (в частности для снижения эмиссии NO_X с выпускными газами) во всем поле эксплуатационных режимов работы дизеля.

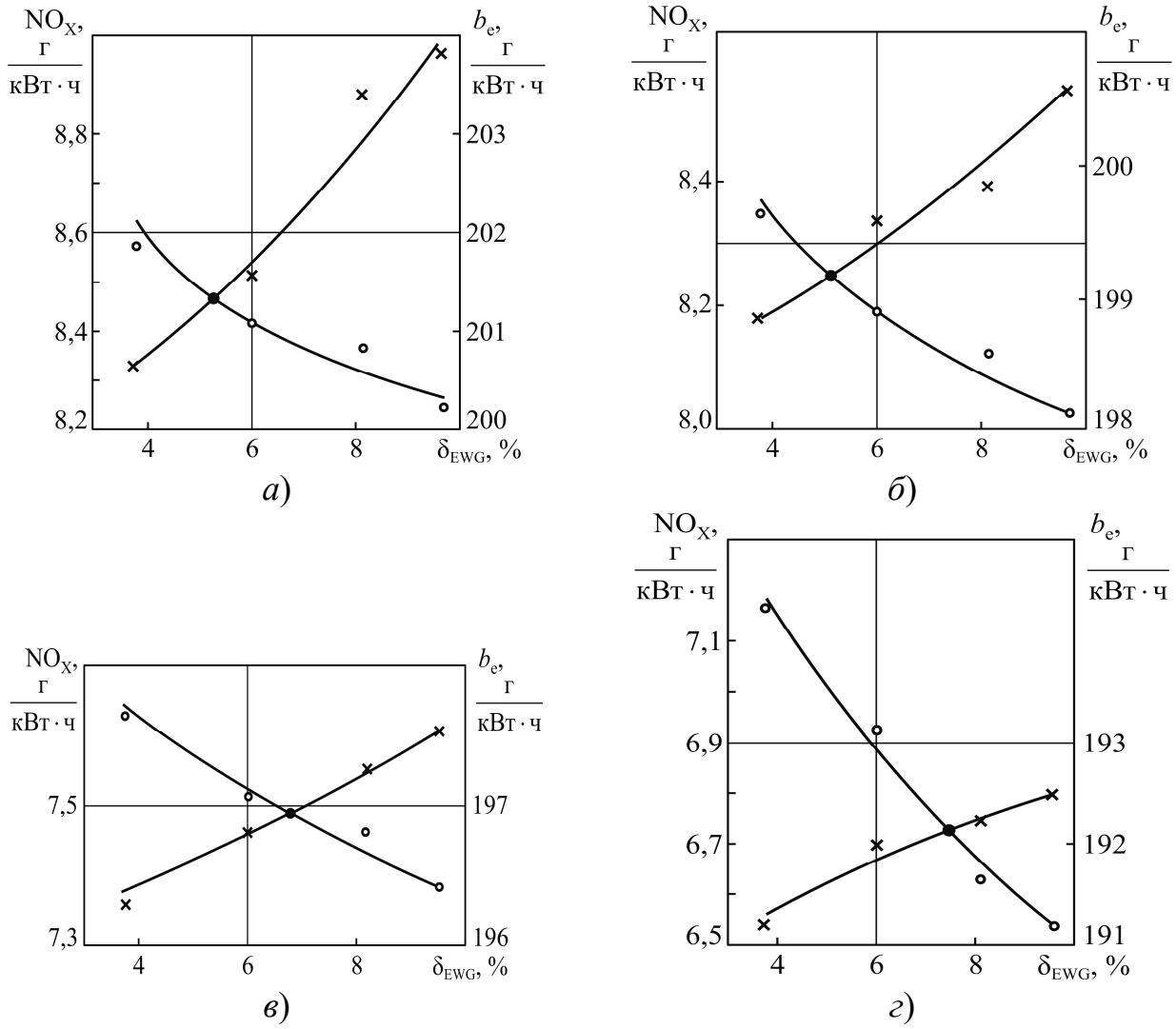


Рис. 2. Зависимость эмиссии NO_x (×) и удельного эффективного расхода топлива b_e (o) судового дизеля 6L20 Wartsila от степени открытия клапана перепуска газов δ_{EWG} для различной нагрузки N_e:

а) 0,55$N_{еном}$; *б*) 0,67$N_{еном}$; *в*) 0,74$N_{еном}$; *г*) 0,83$N_{еном}$

Для судового среднеоборотного дизеля 6L20 фирмы Wartsila, работающего в диапазоне нагрузок $N_{ераб}$=(0,55…0,83)$N_{еном}$ при использовании системы EWG со степенью перепуска выпускных газов δ_{EWG}=3,8…9,6 % были получены следующие результаты:

1) повышение степени перепуска выпускных газов в диапазоне 0…9,6 % способствует снижению эмиссии оксидов азота с 8,72 г/(кВт·ч) до 6,53 г/(кВт·ч) и зависит от нагрузки на дизель; при этом относительное снижение выбросов NO_X находится в пределах 1,15…13,85 %;

2) наибольший уровень снижения концентрации NO_X в выпускных газах соответствует максимальной степени перепуска газов и режиму максимальной нагрузки на дизель (в проведенных экспериментах 9,6 % и 0,83$N_{еном}$ соответственно);

3) использование системы EWG изменяет стехиометрическое соотношение топливо-воздух, что способствует увеличению удельного эффективного расхода топлива;

4) для режимов работы дизеля близких к номинальному (в проведенных исследованиях 74…83 % номинальной мощности дизеля) при использовании перепуска выпускных газов увеличение удельного эффективного расхода топлива составляет 0,8…1,9 г/(кВт·ч) или в относительных значениях 0,26…1,05 %; при этом, учитывая максимальное снижение эмиссии NO_X на данных режимах эксплуатации, именно улучшение экологических показателей работы дизеля является превалирующим фактором для данного диапазона нагрузок, поэтому использование системы EWG в этом случае целесообразно и может быть рекомендовано как способ обеспечения экологических требований к судовым дизелям;

5) на нагрузках (0,55…0,67)$N_{еном}$ увеличение расхода топлива при использовании системы EWG может достигать 1,83…2,52 %; учитывая, что в данной вариации нагрузок использование EWG обеспечивает снижение эмиссии NO_X на 1,15…5,5 %, применение системы перепуска газов для этого диапазона не является целесообразным.

При выборе наиболее оптимального режима работы системы EWG, т.е. количества газов, перепускаемого в обход ГТН, необходимо выполнять комплексную оценку экологических и экономических показателей работы дизеля. Невзирая на увеличение удельного расхода топлива использование системы EWG может быть рекомендовано в особых районах мирового океана, когда превалирующим показателем при эксплуатации судовых энергетических установок становятся их экологические параметры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куропятник А. А. Снижение концентрации оксидов азота в выпускных газах судовых дизелей / А. А. Куропятник // Universum: Технические науки. – 2018. – Вып. 3(48). – С. 63-66.

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

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. – 2015. – Vol. 9. – № 5. – P. 269-278. DOI:10.5539/mas. v9n5p269.

4. Kuropyatnyk O. A. Reduction of NO_X emission in the exhaust gases of low-speed marine diesel engines / O. A. Kuropyatnyk // The Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, Premier Publishing s.r.o. Vienna. 9-10 2017. - Pp. 112-117. DOI: https://doi.org/10.29013/AJT-18-7.8-37-42.

5. Sagin S. V. The Use of Exhaust Gas Recirculation for Ensuring the Environmental Performance of Marine Diesel Engines / S. V. Sagin; Kuropyatnyk O. A. // OUR SEA : International Journal of Maritime Science & Technology. – June 2018. – Vol. 65. – № 2. – P. 78-86. doi.org/10.17818/NM/ 2018/2.3.

6. Куропятник А. А. Управление выпускными газами судовых дизелей для обеспечения экологических показателей / А. А. Куропятник, С. В. Сагин // Ав-

томатизация судовых технических средств : науч. -техн. сб. – 2018. – Вып. 24. – Одесса : НУ «ОМА». – С. 72-80.

УДК 621.436

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

Регенерация эксплуатационных свойств судовых моторных масел за счет использования поверхностно-активных веществ

Надежная работа судовых дизелей невозможна без систем смазывания, основными их которых являются цилиндровые и циркуляционные. Роль смазочного материала, использующегося в цилиндровых системах, однозначна – создание масляной пленки на зеркале цилиндровой втулке. К смазочному материалу, применяемому в циркуляционных системах, в зависимости от типа дизеля предъявляется различные требования. Циркуляционные системы смазывания малооборотных двухтактных дизелей обеспечивают разделение контактируемых поверхностей (в паре вал-вкладыш подшипника), а также отвод тепла и посторонних примесей из этой зоны. В среднеоборотных дизелях, имеющих одну систему циркуляционной смазки, смазочный материал вдобавок к «стандартной» функции обеспечивает поддержание масляной пленки и на зеркале цилиндровой втулки (работая в зоне повышенных температур и возвращаясь в общий объем масла). Таким образом, масла, использующиеся в циркуляционных системах смазывания судовых среднеоборотных дизелей, должны дополнительно обладать температурной стойкостью и способностью регенерировать свои эксплуатационные свойства [1].

Из целого ряда методов по улучшению свойств смазочного материала наиболее приемлемым (с технологической и финансовой точки зрения) является метод использования поверхностно активных веществ. Тенденция развития и совершенствования поверхностно активных присадок к маслам сводится к синтезу и использованию высокомолекулярных полярных кремний органических и фтор органических соединений, которые обладают высокой температурной стойкостью. В ряде случаев эффективным средством является введение в смазочный материал солей некоторых металлов (меди, олова, алюминия), из которых в процессе эксплуатации осаждается на поверхности контактирующих деталей слой металла, способствующий улучшению триботехнических характеристик узла трения [2].

Чтобы доказать возможность восстановления эксплуатационных характеристик смазочного масла с помощью поверхностно активных присадок использовалось масло HLX40 фирмы Castrol, как чистое, так и с растворенной в ее объеме поверхностно активной металлорганической медьсодержащей присадкой. Основным компонентом присадки являлись соли меди, растворенные в олеиновой кислоте.

Исследования производились в циркуляционной масляной системе судовых дизелей S6A2-MPTA фирмы Mitsubishi Heavy Industries. В состав вспомо-

гательной судовой энергетической установки входило три указанных дизеля, что позволяло выполнять эксперименты как для двигателя, работающего на «чистом» масле, так и для дизеля, в объем циркуляционной масляной системы которого была методом последовательного растворения введена поверхностно активная медьсодержащая присадка.

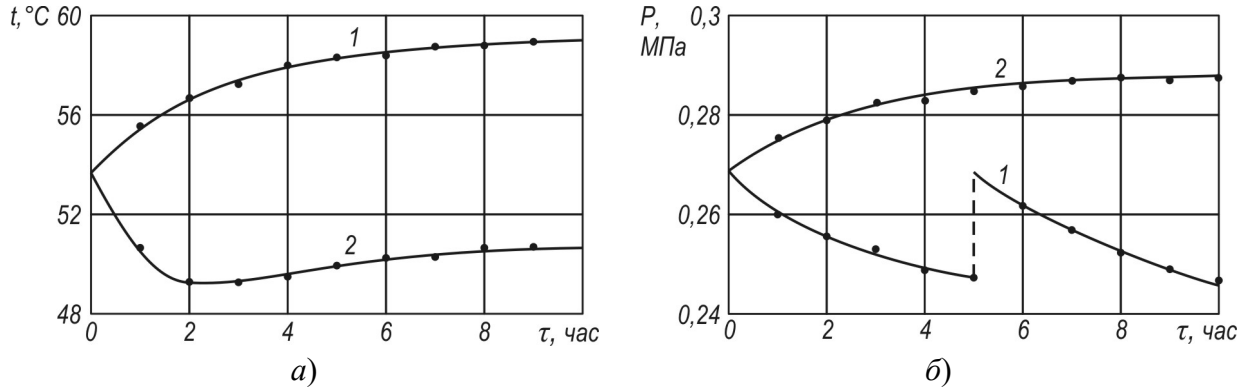
При проведении экспериментов к эксплуатационным свойствам смазочного материала относились следующие параметры: температура масла; давление, создаваемое маслом в трибосопряжениях при одинаковой мощности и производительности масляного насоса; а также «физическое» состояние масла (цвет отработавшего и свежего масла, наличие в отработавшем масле механических примесей, воды, продуктов нагаро- и окислообразования).

Контролируемыми параметрами при работе дизеля являлись температура и давление масла, а также температура выпускных газов. Кроме того, с помощью специального мерного устройства производилось определение расхода топлива, а также определение расхода масла на угар.

В результате эксперимента было установлено, что дизель в масляную систему которого вводилась медьсодержащая присадка, имел лучшие экономические и теплотехнические показатели работы. Основные результаты эксперименты приведены в табл. 1 и отражены на рис. 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний

Наименование контролируемого параметра	Масло с присадкой	Масло без присадки
Температура масла, ° С	53±1	64±1
Давление масла, МПа	0,28±0,005	0,25±0,005
Расход масла на угар, г/(кВт·ч)	1,18±0,02	1,71±0,02
Удельный эффективный расход топлива, кг/(кВт·ч)	0,196±0,0017	0,191±0,0017
Температура выпускных газов, ° С	(320÷340)±5	(360÷380)±5



а) *б*)

Рис.1. Зависимости температуры *t*, °С, и давления смазочного масла *P*, МПа, масла во времени для дизеля, работающего с маслом без присадки *1* и с маслом, содержащем поверхностно активную присадку *2*

Масло, использующееся в циркуляционной системе смазки данного дизеля, подавалось к узлам трения (детали цилиндропоршневой группы, подшипники скольжения) с давлением 0,27 МПа и имело температуру 55±1°С. С течением времени происходил рост температуры смазочного масла, до величины 59°С, и

постепенное снижение его давления (при достижении значения 0,25 МПа, исходя из требований Правил технической эксплуатации судовых технических средств, производилось увеличение давления до заданного путем воздействия на редукционные клапана).

На параллельно работающем дизеле, в циркуляционную смазочную систему которого вводилась поверхностно активная медьсодержащая присадка, наблюдалось следующее. После незначительной приработки (около двух часов) температура масла снизилась до 50°С, а давление возросло до 0,29 МПа. При дальнейшей работе дизеля температура масла практически не повышалась (ее максимальное значение составило 51°С), а давление не изменялось.

Полученные эффекты можно объяснить следующим. Применение поверхностно-активных присадок увеличивает структурную упорядоченность молекул граничных смазочных слоев, что приводит к снижению энергетических потерь на преодоление сил трения. При этом количество поверхностно-активных веществ в базовом масле имеет оптимальную концентрацию, зависящую от многих факторов и, как правило, определяющуюся экспериментально. Ранее [3] было показано, что для смазочных материалов концентрационная зависимость износа и степени ориентационной упорядоченности не является монотонной, а имеет ряд экстремумов, соответствующих повышенной (или пониженной) износостойкости при определённых концентрациях присадки. Такая зависимость может быть предположительно пояснена перестройкой мицеллярной структуры присадок, концентрационным переходом от сферических мицелл к цилиндрическим и далее к ламеллярным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sagin S. V. Motor Oil Viscosity Stratification in Friction Units of Marine Diesel Motors / S. V. Sagin, O. V. Semenov // American Journal of Applied Sciences, Published by Science Publication. – 2016. – Vol.13. – Iss. 2. – P. 200-208. DOI: 10.3844/ajassp.2016.200.208.

2. 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.

3. Мацкевич Д. В. Управление реологическими характеристиками моторных масел судовых дизелей / Мацкевич Д. В. // Проблеми техніки : наук.-виробн. журнал. – 2013. – № 2. – Одеса: ОНМУ. – С. 52-60.

УДК 621.436

Ткаченко И.В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Восстановления качества нефтяных остатков и использование их в топливых смесях

Работа судовой энергетической установки не возможно без образования нефтяных остатков. Особенно актуальна эта проблема для судов танкерного и балкерного флота, характеризующихся высокими мощностями главной энергетической установки (что способствует увеличению количества нефтяных остатков) и длительными переходами (что исключат возможность их сдачи береговым службам). Для таких типов судов постоянно изыскиваются возможности эффективной утилизации нефтяных остатков.

В случае автономной работы судна количество таких нефтяных остатков напрямую определяется техническим состоянием используемого оборудования, соблюдением правил технической эксплуатации и самое главное – мощностью главного двигателя судовой энергетической установки. Обычное их сжигание в судовых инсинераторах снижает общий энергетический КПД судна и способствует увеличению расходов на топливо. Использование нефтяных остатков в качестве топлива для судовых вспомогательных котлов сопряжено с решением задач по обеспечению экологической безопасности и не всегда приносит желаемый экономический эффект, а кроме того, требует дополнительных затрат энергии на топливоподготовку [1].

Очистка нефтесодержащих вод также сопряжены с решением дополнительных задач. Так, способ очистки нефтесодержащих вод должен характеризоваться меньшими затратами энергии на его проведение и меньшим временем очистки загрязненных вод до требуемой степени, а само оборудование и качество очистки должны удовлетворять требованиям Международной Конвенции МАРПОЛ73/78.

Решение этой проблемы напрямую связано с использованием природных ресурсов и контролем состояния экологии и биосферы в планетарном масштабе. Вопросы регенерации отработанных продуктов нефтехимии помимо экологического эффекта приобретают важный экономический аспект. Неосмотрительный сброс нефтепродуктов приводит к загрязнению мирового океана, а бесконтрольное их сжигание – к загрязнению воздуха вредными веществами.

Одним из способов решения данной проблемы является производство непосредственно в судовых условиях и дальнейшее использование топливных смесей, состоящих из нефтяных остатков и «базового» топлива.

Для осуществления возможности утилизации смесей нефтяных остатков с товарными топливами необходимо создать условия для приведения физико-химических показателей таких смесей в соответствии с существующими требованиями на топливо [2]. В подобных смесях, как правило, все основные физико-химические свойства нефтяных остатков (вязкость, плотность, содержание механических примесей, водорастворимых кислот и серы) находятся в допустимых пределах. Исключение составляют содержание воды и зольность,

которые превышают нормативные значения, однако повешенное содержание воды в нефтяных остатков не может являться основанием для отказа от их использования.

Изменение физико-химических показателей нефтяных остатков в процессе их отстаивания и подогрева связано в основном с изменением их группового состава (происходит удаление легких фракций) и влияния количества пресной воды, подаваемой для промывки сепараторов, а также поступающей из отстойных танков. Однако с вводом пресной воды в нефтяных остатках будет резко увеличиваться содержание хлористых солей. Связано это с тем, что пресная вода, проходя через слой нефтяных остатков, адсорбируется на частицах хлористых солей. Соли растворяются в пресной воде и оседают виде насыщенного раствора на дне отстойного танка.

Наряду с увеличением содержания хлористых солей в нижнем слое нефтяных остатков значительно повышается их температура вспышки. Механизм повышения температуры вспышки нефтяных остатков объясняется следующими обстоятельствами. При вводе пресной воды в нефтяных остатках образуется нефтеводяная эмульсия, вязкость которой выше чем у «чистых» нефтяных остатков. Это приводит к уменьшению подвижности легких компонентов и снижению их концентрации над поверхностью испарения. Так же над поверхностью образуется 3-х компонентная смесь (состоящая из летучих углеводородных соединений, капель воды и воздуха) и для нагрева такой смеси до температуры вспышки потребуется затратить больше теплоты, чем при нагреве обезвоженного топлива. Вязкость смеси вначале возрастает (из-за содержания в нефтяных остатках воды), а затем уменьшается по мере протекания процесса отстаивания, нагрева и удаления отстоявшейся воды.

Все это отрицательно сказывается на процессе распыливания нефтяных остатков форсунками как котлов, так и дизелей, и именно поэтому требует обеспечения качественного состава топливной смеси.

При приготовлении топливной смеси необходимо прежде всего контролировать ее вязкость и температуру вспышки, а также однородность. В качестве элемента, обеспечивающего образование топливной смеси, могут быть использованы ультразвуковые или гидродинамические смесители.

Для восстановления качества нефтяных остатков и приведения их эксплуатационных характеристик до требуемых значений в последнее время стали широко использоваться гидродинамические активаторы, обеспечивающие эффект суперкавитации в потоке обрабатываемой жидкости (нефтяных остатков). Установки, обеспечивающие эффект суперкавитации, для своего функционирования требует незначительное количество энергии, величина которой в общей энергетической нагрузке штатной системы топливоподготовки не превышает 3…4,5 % [3].

Опыт использования нефтяных остатков как одной из составляющей в составе топливных смесей показывает, что данный технологический процесс не способствует существенной экономии топлива. Так, при использовании подобных смесей на навалочном судне водоизмещением 68000 тонн с мощностью главного двигателя 14700 кВт снижение расхода топлива (как удельного,

так и часового и суточного) не превышает 0,5 %. Однако при этом существенно улучшаются экологические параметры работы всей судовой энергетической установки, а кроме того, сглаживается проблема, связанная с контролем береговыми надзорными службами количества нефтяных остатков на борту судна.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ткаченко И. В. Использование кавитационного эффекта для повышения степени сепарации нефтесодержащих вод морских судов / И. В. Ткаченко // American Scientific Journal, 2017. – № 15. – Iss. 2. – P. 62-66.

2. Ткаченко И. В. Очистка нефтесодержащих вод морских судов методом гидродинамической суперкавитации потока / И. В. Ткаченко // Universum: Технические науки. – 2018. – Вып. 3(48). – С. 58-62.

3. Ткаченко И. В. Использование кавитационного эффекта для повышения степени сепарации нефтесодержащих вод морских судов / И. В. Ткаченко // 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. 298-301.

УДК 621.812

Ткаченко Р.А.
Національний університет «Одеська морська академія»

Підвищення економічності суднових дизелів за рахунок використання присадок до палива

Суднові двигуні внутрішнього згоряння (ДВЗ) є найбільшими споживачами рідкого палива. Потужність головних і допоміжних двигунів суднових енергетичних установок лежить в діапазоні від декількох сотень до десятків тисяч кіловат. При середньому питомій ефективному витраті палива 180...185 кг/(кВт·год) добова витрата палива головним двигуном може становити 50 тонн/добу, а допоміжними двигунами, кількість яких на сучасних суднах до чотирьох, а число паралельно працюючих до трьох, 10...12 тонн/добу. В таких умовах навіть мінімальне зниження витрати палива на 3...4 кг/(кВт·год) призводить до суттєвої економії палива і скорочення експлуатаційних витрат.

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. Діапазон в’язкості палив класу DMB і DMC при 100°С лежить в межах 5...10 сСт, а їх густина при 15°С становить 820...850 кг/м3. В зв'язку з цим дані сорти палива називають легкими. Палива класу RM (RMG, RMH, RMK) мають в'язкість при 100°С 35...55 сСт і густину при 15°С 990...1010 кг/м3 і називаються важкими. 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 засто-

совуються для забезпечення роботи суднових дизелів на всіх режимах роботи, в тому числі на режимах пуску та реверсування [1].

Для покращення якості підготовки палива та паливної економічності на багатьох морських суднах використовується хімічна обробка палива, при якої в паливну систему за допомогою спеціальних дозуючих пристроїв вводяться спеціальні реагенти (присадки), яки сприяють активації різноманітних властивостей палива. Однією з таких присадок є паливна присадка Yunic555D, яка додається в паливо підвищеної в'язкості з максимально можливим вмістом сірки. Саме тому вона використовувалась в паливної системі суднового малообертового двигуна 5S50MC фірми MAN Diesel [2].

Вказана присадка має наступні характеристики. Yunic555D містить у своєму складі поверхнево-активний агент, який запобігає агломерації асфальтенів, тому забезпечує відсутність осаду у витратної цистерні, а також адсорбцію парафінових фракції на поверхнях паливної апаратури як системи низького, так і високого тиску. Підвищує диспергування складових часток палива на дуже дрібні частинки (до де кольких десятків нанометрів) у його обсязі, що призводить до кращого розпилення та сумішоутворення з повітрям і покращує згоряння [3].

Рівень дозування присадок варіюється в широких межах і залежить від призначення присадки і характеристик паливної системи, в якій вона використовується. Присадки, які вводяться в паливні цистерни або окремі ділянки паливних магістралей для біологічного впливу на паливо або для зниження гідравлічних втрат, дозуються в співвідношенні 1:8000...1:12500. Присадки, що забезпечують поліпшення процесу згоряння палива, вводяться в нього в пропорції 1:1000...1:8000. І в тому, і в іншому випадку дозування може змінюватися в залежності від конструкції двигуна, експлуатаційного стану паливної системи, рівня забруднення палива в цистернах, елементарного складу палива (в залежності від вмісту домішок ванадію, натрію і сірки) [4].

Оптимальна концентрація присадки Yunic555D визначалась співвідношенням 1:6000. При використанні цієї присадки в паливної системі дизеля 5S50MC фірми MAN Diesel та його індицюванні була отримана індикаторна діаграма, що наведена на рис. 1.

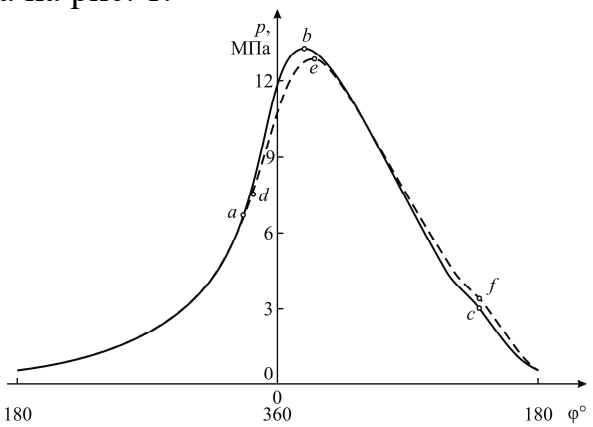


Рис. 1. Результати індицювання суднового дизеля 5S50MC фірми MAN Diesel:

—— – без використання присадки до палива Yunic555D;

- - - – при використання присадки до палива Yunic555D

Наведені дані свідчать про покращення процесу згоряння палива, зокрема зниженню період затримки запалювання (яке у разі використання присадки Yunic555D здійснюється у точки *a*, порівняно з точкою *d*, коли дизель працює на паливі без присадки), зміщенню згоряння в бік ізохорного процесу (крива *a–b* на індикаторній діаграмі при використання присадки Yunic555D, та крива *d–e* на індикаторній діаграмі без використання присадки), та скороченню періоду догоряння палива на лінії розширення (крива *b–c* на індикаторній діаграмі при використання присадки Yunic555D, та крива *e–f* на індикаторній діаграмі без використання присадки). Вказане сприяє зниженню питомої витрати палива на всьому діапазоні експлуатаційних навантажень дизеля (рис. 2).

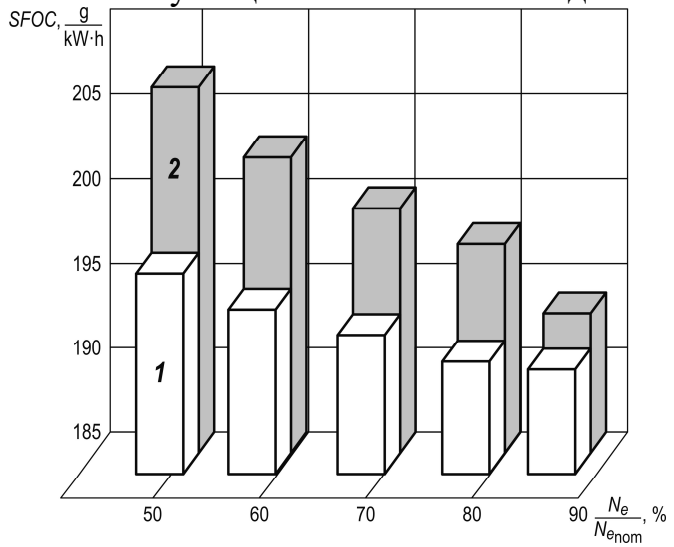


Рис. 2. Залежності питомої витрати палива SFOC дизеля 5S50MC фірми MAN Diesel від його відносної потужності $N_e/N_{e\text{nom}}$:

1 – при використання присадки до палива Yunic555D;

2 – без використання присадки до палива Yunic555D

Також при експериментальних випробуваннях визначався вплив присадки до палива на екологічні показники роботи суднового дизеля – вміст SO_x і NO_x в випускних газах. Судова емісія шкідливих речовин у випускних газах є актуальною проблемою, її вирішення має забезпечити екологічні параметри роботи суднових дизелів при їх роботі як в світовому океані, так і в особливих районах. Результати цих досліджень наведені на рис. 3 і 4 та свідчать про поліпшення екологічних параметрів роботи дизеля, при цьому найбільше зниження рівня шкідливих викидів спостерігається в діапазоні навантажень 65...80 % – найбільш характерних для експлуатації ДВЗ морських суден [5].

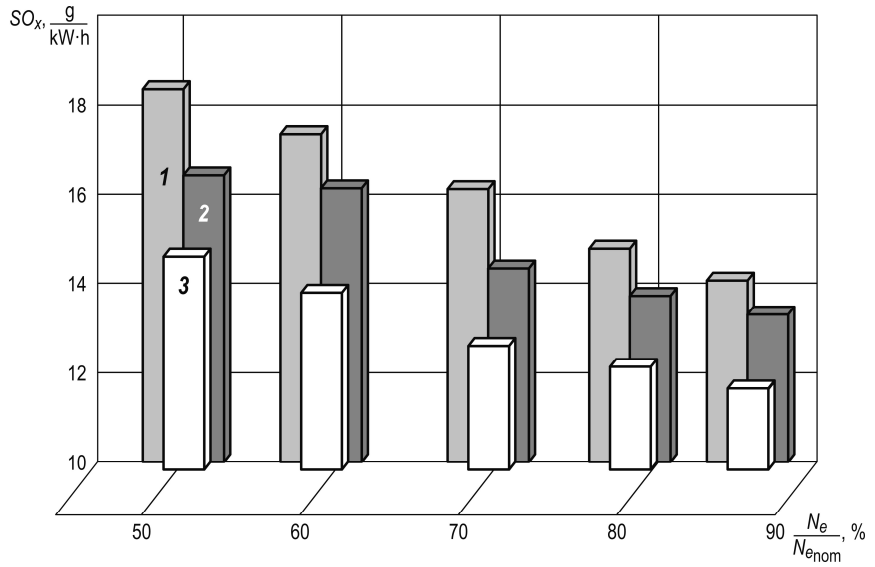


Рис. 2. Зміна концентрації SO_x в випускних газах суднового дизеля 5S50MC фірми MAN Diesel від його відносної потужності N_e/N_{enom}:
1 – робота на паливі без присадки; 2 – робота на паливі з концентрацією присадки 1:4000;
3 – робота на паливі з концентрацією присадки 1:6000

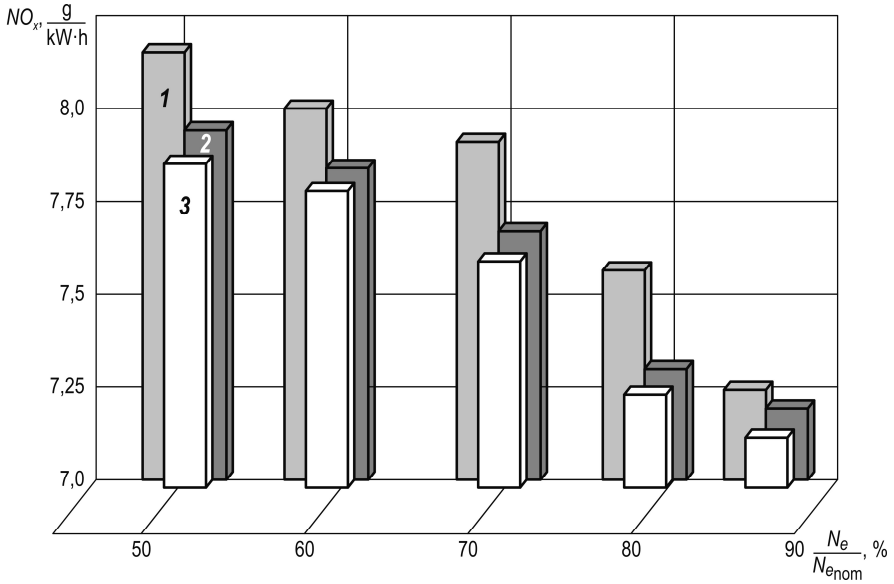


Рис. 3. Зміна концентрації NO_x в випускних газах суднового дизеля 5S50MC фірми MAN Diesel від його відносної потужності N_e/N_{enom}:
1 – робота на паливі без присадки; 2 – робота на паливі з концентрацією присадки 1:4000;
3 – робота на паливі з концентрацією присадки 1:6000

Дослідження, що були виконані, та результаті, що отримані, дозволяють зробити наступні висновки.

1. Одним з методів покращення експлуатаційних властивостей палива є використання паливних присадок, які можуть вводитися в паливну систему в різних точках: відстійному танку, витратному танку, паливних магістралях, а також перед його безпосередньою подачею в циліндр дизеля (перед паливними насосами високого тиску).

2. Використання присадок до палива призводить до підвищення паливної економічності суднового дизеля – зниженню питомої витрати палива від 3,5 до 5,8 %. При цьому максимальне підвищення паливної економічності відбува-

ється в діапазоні 50...60 % навантаження дизеля, тобто режимів, що характеризуються найбільшим експлуатаційним періодом роботи, а також підвищеною тепловою напруженістю.

3. У разі застосування присадок до палива суттєво поліпшуються екологічні показники роботи дизеля. При цьому досягається зниження на 1,4...4,3% концентрації NO_x в випускних газах, а також на 15,6...22,9% знижується концентрація SO_x в випускних газах. Наведені факти особливо важливі в розрізі виконання вимог AnnexIV MARPOL73/78 та найбільш актуальні для чотиритактних дизелів, що тривалий час працюють у прибережних акваторіях і акваторіях морських портів.

Концентрація присадки має оптимальне значення, визначається експериментально і залежить від характеристик дизеля і палива, яке використовується при роботі дизеля.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Добровольский В. В. Энергетическая эффективность топливных систем современных транспортных судов, работающих на высоковязких сортах тяжелых топлив вязкостью 380 мм^2/с и выше / В .В. Добровольский, В. Г. Солодовников // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. – 2013. – № 32. – Одесса: ОНМА. – С. 101-112.

2. Sagin S. V. Cavitation Treatment of High-Viscosity Marine Fuels for Medium-Speed Diesel Engines / S. V. Sagin, V. G. Solodovnikov // Modern Applied Science. – 2015. – Vol. 9. – № 5. – P. 269-278. DOI:10.5539/mas. v9n5p269

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

4. Zablotsky Yu. V. Reducing of thermal factor of exit-gas system of marine medium-speed diesel engine due to the usage of fuel additives / Yu. V. Zablotsky // Science and Education : material of the XIII international research and practice conference, Munich, November 2nd – 3rd, 2016. – Munich : Vela Verlag Waldkraiburg. – 2016. – P. 96-103.

5. Zabloysky Yu. V. Maintaining Boundary and Hydrodynamic Lubrication Modes in Operating High-pressure Fuel Injection Pumps of Marine Diesel Engines / Yu. V. Zabloysky, S. V. Sagin // Indian Journal of Science and Technology. – 2016. – Vol. 9. – Iss. 20. – P. 208-216. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i20/94490.

УДК 532.133

Кирис А. В., Гарагуля Б. А.
Национальный университет “Одесская морская академия”

New ways to the steam ship’s turbines working blades design

The search for technical solutions aimed at improving the reliability and efficiency of ship steam turbines during their design is an actual problem. One of the

objectives of this problem is the improvement of the flow parts of ship turbines, which should be based on the optimization of all parameters in terms of aerodynamic and strength characteristics.

Research and development work of leading specialists in the field of aerodynamics of flow parts (and, in particular, the last stages of turbines), aimed at improving the reliability and efficiency of operation of steam turbines, are carried out using both calculated and experimental research methods.

Analysis of experience in designing and operating ship steam turbines [1,2,5,6] shows shortcomings in solving individual design problems, in particular, the lack of introducing special structural forms of the blades, which allow to reduce energy losses during flow.

Currently, a significant part of large-capacity gas carriers are equipped with steam-turbine units with a capacity of more than 30,000 kW, which include a low-pressure turbine (LPT), which largely determines the efficiency of the entire turbine [7]. A special place in the design of turbines occupy the last steps, which are the most loaded element of the turbine.

The absolute length of the working blades (from the root to the peripheral sections) of the last steps in modern steam turbine plant (30-50 MW) reaches 0.50-0.65 m. Such steps are called steps with relatively long blades or steps with high fanning $\theta = Dcp./\ell < 10$, where

Dcp - the average diameter of the blade, in [m];

ℓ - is the length of the blade in [m].

When $\theta<10$, it is already necessary to know and take into account the variability of the flow parameters along the radius and then the centers of gravity (cg) of all cross sections along the blade height for the purpose of vibration reliability, it is necessary to locate on one straight axis of the blade coinciding with the radius of the turbine shaft.

The specific profile for each section of the scapula is designed separately: first, the root and peripheral sections, and then the middle section and intermediate sections. The required values of the areas of all cross-sections of the height of the blade are pre-determined on the basis of the allowable tensile stresses from centrifugal forces and bending stresses from vapor forces. Thus, for an already specified area (for example, the middle section of the blade), it is necessary to design a profile that corresponds to the lowest level of energy losses during flow around it with the input angles β1 determined from the thermal calculation and the output β2 of the flow when the Mach numbers are calculated for this section $M_{2т} = \frac{W_{2т}}{a}$ (where W2т - relative flow rate at the exit of the turbine stage, and a - the speed of sound). These conditions impose strict requirements on the magnitude of the moment of resistance of the section W and the section area F of the blade profile. To meet the aerodynamic and at the same time strength requirements can be quite difficult. Thus, Fig.1 shows an example of designing a relatively long working blade of a steam turbine.

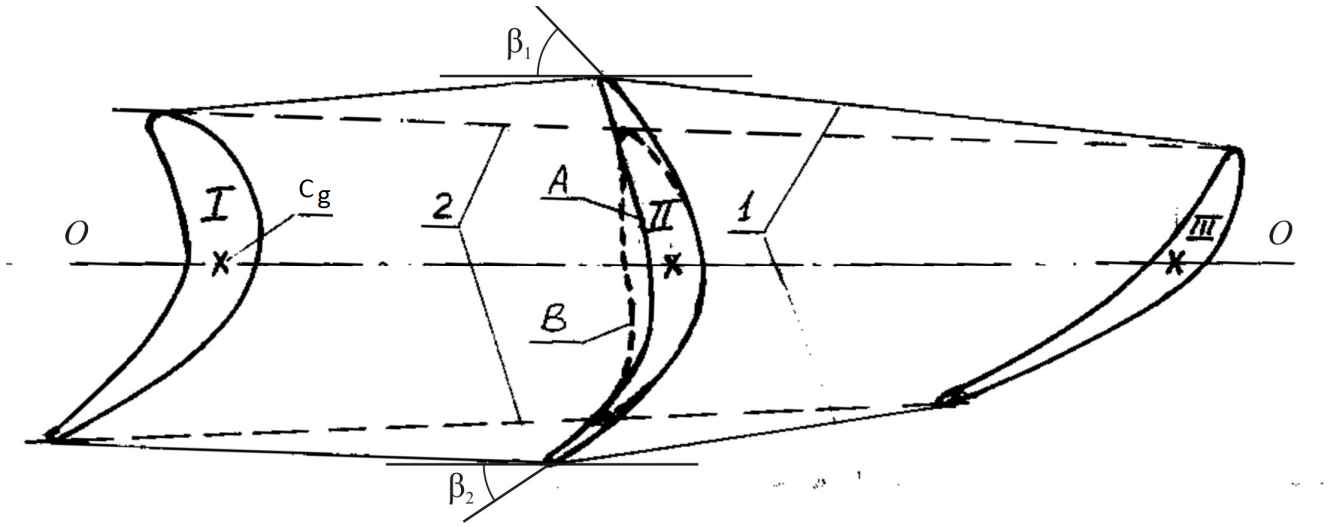


Fig. 1. An example of a preliminary design of a turbine blade

Profiles of the root (I), medium (II, A) and peripheral (III) sections are designed in accordance with the aerodynamic and strength (W and F) characteristics [3,4]. Having located the centers of gravity of sections on the axis of the blades O-O, we see that the lines passing along the inlet and outlet edges of the blades have a fracture in the middle part (line 1). Such a spasmodically changing shape of the blade negatively affects its vibration reliability [4], and also does not fit into the size of the radial gap between the rotating disk with the blades and the guide vane. Therefore, it is proposed to apply a biconvex profile (Fig. 1, B), developed in the Moscow Power Engineering Institute by one of the authors (Fig. 2, profiles 1,2) [3], whose width is within the limits of lines 2-2 (Fig. 1).), corresponding to a smooth change in the width of all cross sections of the blade along its height.

This form of the profile allows, with the necessary W and F, to reduce the width of the profile and to ensure compliance with the conditions of vibration reliability: line 2, var. In are straight and the width of the scapula gradually decreases from the root to the periphery.

An important advantage of the biconvex profile is the movement of the maximum bending stress from the thin input edge (zone C, Fig. 1), where one has to expect the stress concentration, to the top of the protrusion on the pressure side (vol. A, fig. 2) [3,4].

Dependencies of relative calculated coefficients of core losses $\overline{\zeta}_{пр}$.. (for the initial profile - curve 3 and for the proposed one - curve 1), depending on the number M2т, are shown in Fig.3. .The results of an experimental study of the lattice of conventional profiles (3) and biconvex (profiles 1, 2, Fig. 2) are presented in Fig. 4, where the dependences of the coefficient of profile losses $\overline{\zeta}_{пр}$ on the number M2т at the exit of the grids are shown [3]. A comparison of these data shows that lattice 3 (initial profile) is characterized by increased energy losses (6–8%). For the remaining grids in the M2т = 0.5-1.35 range, the ratio of core losses is $\overline{\zeta}_{пр}$ = 3-4%.

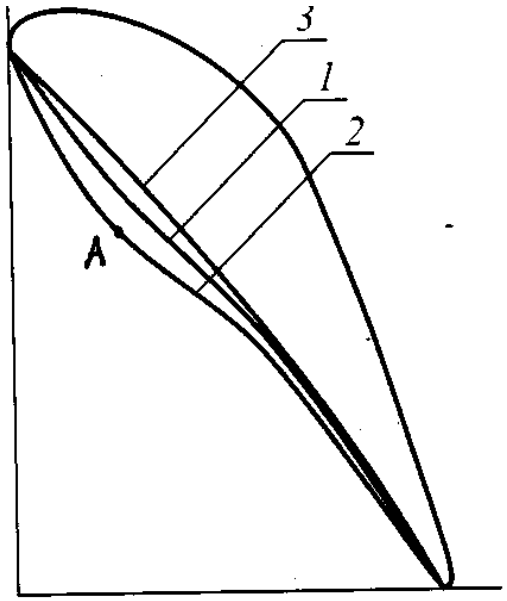


Fig. 2. Variants of the shapes of the profiles of the middle section of the blade

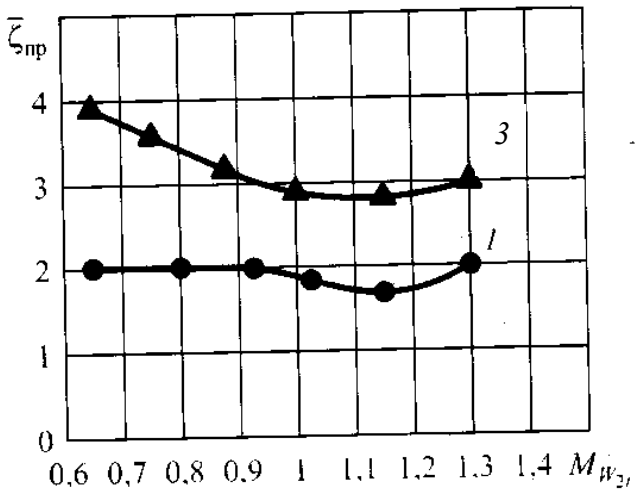


Fig. 3. The relative calculated coefficient of core energy losses for different variants of profiles

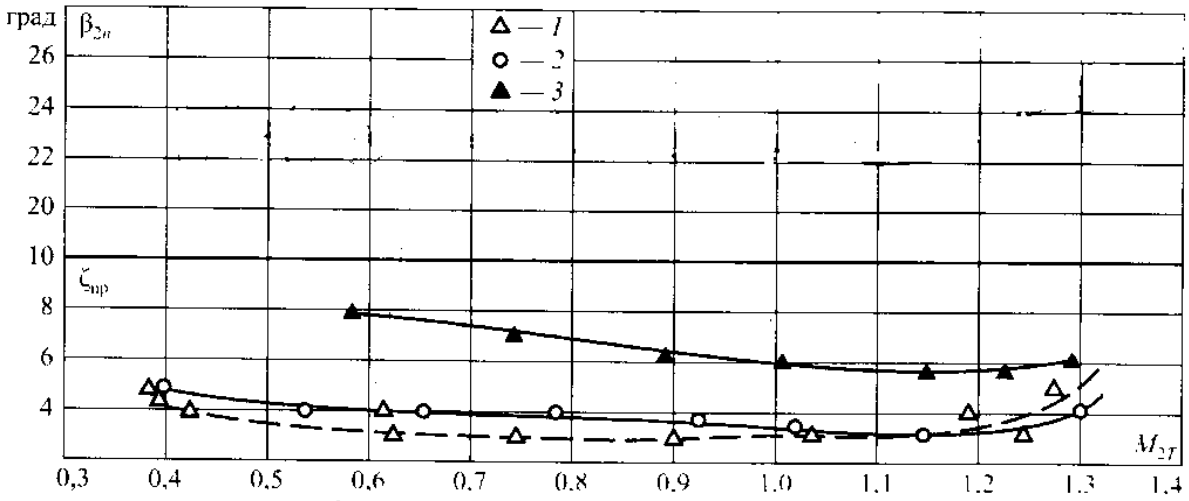


Fig.4. The results of experimental studies of turbine profiles

Conclusion

The introduction into the production of lenticular profiles for the working blades of the last stages of the TND of stationary steam turbines was partially carried out at the Kharkov Turbo Generator Plant.

The increase in the power of steam turbine installations of modern large-tonnage vessels has led to the need to increase the length of the working blades of the last stages of the low-pressure cylinder having a variable cross-sectional profile in height. In such turbines, it is advisable to use blades with a biconvex profile, which allows to optimize its geometric, aerodynamic and strength characteristics and to increase the efficiency.

LIST OF USED LITERATURE

1. Об аэродинамическом совершенствовании проточных частей судовых паровых турбин. А.М. Топунов, Х.А. Гуревич, Е.В. Мячин. // Труды ЛКИ, вып. 93, 1982, с. 147–159.

2. Топунов А.М. Теория судовых турбин. –Л.: Судостроение, 1985. – С. 247.

3. Исследование турбинных решеток с двояковыпуклыми профилями. Трояновский Б.М., Майорский В.Е., Гарагуля Б.А.// «Теплоэнергетика»,№10, 1981, с.75-78.

4. Сухінін В.П. Концентрація напружень в зоні бандажніх отворів лопаток парових турбін./ В.П.Сухінін, Р.М, Меллеровіч, Р.М. Герман // «Пробл.міцності», -1990. - с.34-37.

5. Субботовіч В.П. Розрахунок двомірного течії в міжлопатковому каналах соплових і робочих решіток турбін / В.П.Субботовіч, А.Ю. Юдін // там же — 2006. - «5. С.43-46

6. Кирис А. В., Гарагуля Б. А. Профилирование рабочих лопаток для последних ступеней мощных судовых паровых турбин // Матеріали науково-технічної конференції «Річковий та морський флот: експлуатація і ремонт», 22.03.2018 – 23.03.2018.– Одеса: НУ "ОМА", 2018. – 341 с.

7. Перспективные энергетические установки большой мощности для морских судов. Д.А. Шатровский // «Судостроение», №5, 2015, с. 33–37.

УДК 629.123: 628.83

Гарагуля Б.А., Афтанюк В.В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Порівняльний аналіз течій газу у лопатках суднових турбін великої потужності

Процес розвитку суднових енергетичних установок в останні роки характеризується широким впровадженням парових і газових турбін. Турбіни все більше і більше знаходять застосування в якості головних двигунів і приводів допоміжних механізмів навіть на таких судах, де раніше монопольно застосовувалися інші типи двигунів [1]. Це досягається за рахунок реалізації різних заходів, в тому числі за рахунок раціонального проектування лопатей, що є найбільш відповідальним елементом проточного тракту турбін. Науково-дослідні роботи провідних фахівців в області аеродинаміки проточних частин (і, зокрема, останніх ступенів турбін), спрямовані на підвищення надійності та ефективності експлуатації парових турбін, проводяться як розрахунковими, так і експериментальними методами досліджень.

Так, у роботах [2, 3] наводяться результати порівняльного аналізу розрахункової величини профільних втрат енергії при обтіканні різних форм профілів робочих лопаток останніх ступенів турбін. Експериментальні дослідження різних форм профілів наведені в [3].

У дослідженнях [4] був проведений комплекс складних досліджень процесів обтікання решіток профілів різної модифікації на замовлення промисловості і орієнтований на вдосконалення методів проектування лопаток останніх ступенів парових турбін. Зокрема, досліджувалася структура течії в косому зрізі решіток профілів з урахуванням двовимірного характеру течії; розрахунково-експериментальним шляхом детально досліджено явище відриву потоку в області вихідних кромок лопаток в широкому діапазоні швидкостей обтікання профілів з різною формою обводу, різними ефективними кутами виходу потоку і іншими геометричними параметрами в залежності від числа Маха.

Метою даного дослідження є порівняння результатів експериментального дослідження модельних решіток турбінних профілів з сучасними розрахунковими комп'ютерними методиками [5, 6], що дозволяють вибрати найбільш аеродинамічно досконалі форми профілів турбінних лопаток.

У даній роботі для чисельного дослідження аеродинаміки течії використаний програмний комплекс SolidWorks Flow Simulation.

Адекватність і точність математичної моделі визначалася сукупністю чинників, що враховуються і прийнятих припущень.

Математична модель потоків газу в каналах між лопатками турбіни базується на рівняннях Нав'є - Стокса, рівнянні нерозривності, законі збереження енергії.

Числові методи, що використовуються в SolidWorks Flow Simulation дозволяють обчислювати тривимірні завдання в розрахункових областях, точно відтворюють геометрію об'єкта дослідження, при досить точній установці всіх вхідних параметрів.

Для розробки твердотільної моделі були прийняті лопатки по [4], у вигляді набору з трьох лопатей. Матеріал лопатей – легована сталь.

Цикл роботи включає в себе, течію газу від вхідної площині через канали лопаток к виходу. Розрахунки проводилися як «зовнішня аеродинамічна задача». В результаті виконання задачі необхідно знайти розподіл швидкостей газу в каналах між лопатками турбіни при різних режимах роботи, та визначити зони безвідривного руху та ущільнення потоку.

Геометрична модель набору лопаток (рис. 1) побудована в SolidWorks у вигляді збірки і складається з трьох об'єктів (лопаток). Далі модель була імпортована в програмний комплекс Flow Simulation, в якому проводиться побудова розрахункової області і сітки, завдання матеріалів, початкових умов, граничних умов, настройка «вирішувача», збереження проекту для його подальшого неодноразового використання, запуск розрахунку та отримання результатів в наочному вигляді за допомогою кольорових ліній току.

Найбільш доступним, а тому найбільш поширеним, експериментальним методом в даний час є метод продування моделей елементів проточної частини турбін повітрям або парою. Цей шлях дослідження також має ще ряд інших переваг. Він дозволяє простими засобами проводити аналіз структури потоку, а також виявляти джерела втрат та механізм їх виникнення. В результаті можлива розробка заходів щодо їх зменшення.

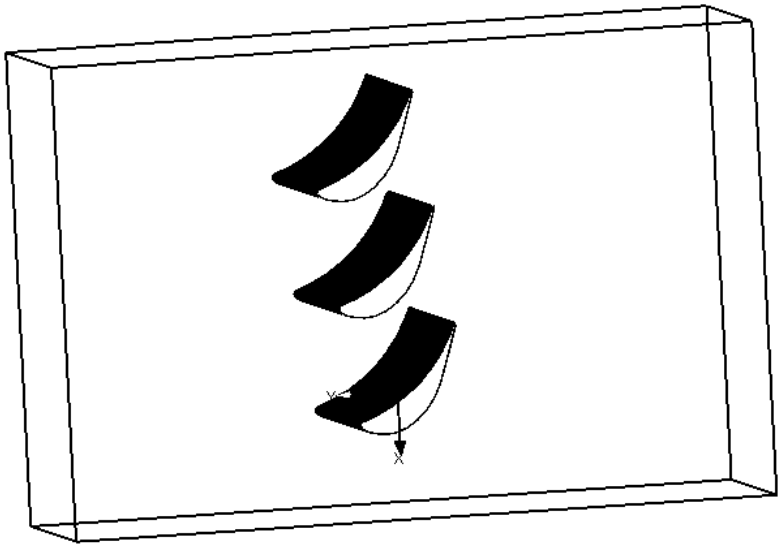


Рис. 1 Твердотільна модель лопаток турбіни з розрахунковою областю

Найголовнішим елементом проточної частини турбіни, від досконалості якого істотно залежить її к.к.д., є турбінні лопатки. Потік через лопатковий апарат турбіни (за винятком кінцевих перетинів) можна відтворити за допомогою нерухомої решітки профілів, обтічної плоским потоком. На підставі експериментального дослідження подібного потоку відпрацьовують форми профілів і визначають оптимальні параметри решітки та профільні втрати.

В якості робочої речовини при експериментальних дослідженнях на нерухомих моделях здебільшого використовують повітря. Якщо натурна проточна частина працює при дозвукових і помірних надзвукових швидкостях (що має місце в значній частині останніх ступенів суднових парових турбін), то це не вносить відчутних погрішностей в результати, проте істотно спрощує проведення дослідів.

Методом повітряної продувки досліджують як кільцеві, так і плоскі решітки лопаток. Схема розташування пакета досліджуваних решіток профілів в аеродинамічній трубі показана на рис.2 [7].

При експериментальних дослідженнях міжпрофільних каналів, в роботі [4], застосовувалися різні методи вимірювань параметрів потоку: вимірювалися статичні тиски на стінках каналу, вимірювання статичного тиску виконувалось за допомогою спеціального зонда в області «горла» каналу (поперек каналу, від плоскої до криволінійної поверхні); вимірювалися в цій же області за допомогою зондів тиску повного гальмування тиск P_0 та напрямки вектора швидкості; за допомогою приладу Теплера досліджувалась течії в області «горла». Сукупність цих методів дозволила отримати надійні експериментальні результати.

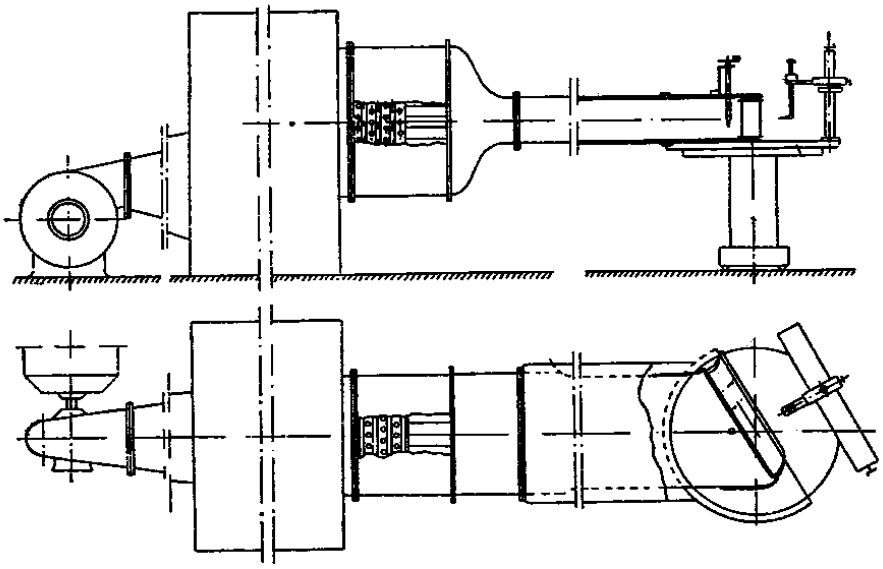


Рис. 2 Схема аеродинамічного стенда для продувки лопаток турбін [7]

На рис. 3 представлена (справа вгорі) типова соплова решітка останнього ступеня турбіни низького тиску (ТНТ) потужної судновий парової турбіни і залежність профільних втрат енергії при її обтіканні від різних чисел Маха M_{1t}.

Складний характер $\xi_{пр.} = f(M_{1t})$ та високий рівень $\xi_{пр.}$ зумовлені особливостями обтікання при $M_{1t} > 1.0$. Експериментальні дослідження [4] цієї решітки в полі оптичного приладу Теплера (рис. 4, *а* - 6, *а*) показало, що при $M_{1t} = 0{,}836$ (рис. 4, *а*) на «спинці» (опукла сторона) профілю в косому зрізі з'являється «ланцюжок» відносно слабких λ – образних стрибків ущільнення, викликаних турбулізованим прикордонним шаром (зона 1). Відриву потоку, що обтікає «спинку» профілю, немає. Але втрати ξпр. зросли (рис. 3), тут $M_{1t} = C_{1t}$, де C_{1t} - абсолютна швидкість на виході з сопловой решітки, а M_{1t} - місцева швидкість звуку.

Це відповідає і розрахунковій картині обтікання (рис. 4, *б*), з якої видно, що лінії струму повністю примикають до опуклої поверхні профілю, тобто обтікання - безвідривне.

При M1t = 0,98 «ланцюжок» зникає, з'являється один λ - подібний стрибок ущільнення, що викликає розвинений (поширюється за ґрати, по потоку) відрив (рис.5, *а*). Протяжна відривна зона 2 прилягає до «спинці» профілю; $\xi_{пр.}$ дещо зростають (рис. 3). Це явище можна бачити і на рис. 5, *б*, зона 2.

При подальшому збільшенні числа Маха до $M_{1t} = 1{,}24$ посилення зовнішніх стрибків ущільнення в косому зрізі (рис. 6, *а*). В результаті область на «спинці», зайнята відривом, різко збільшується: точка початку відриву зміщується проти потоку до «горлу» решітки (рис. 6, *а*, зона 3). Одночасно різко зростають і $\xi_{пр.}$ (рис. 3). На рис. 6, *б* можна спостерігати той же процес, отриманий розрахунковим шляхом (зона 3).

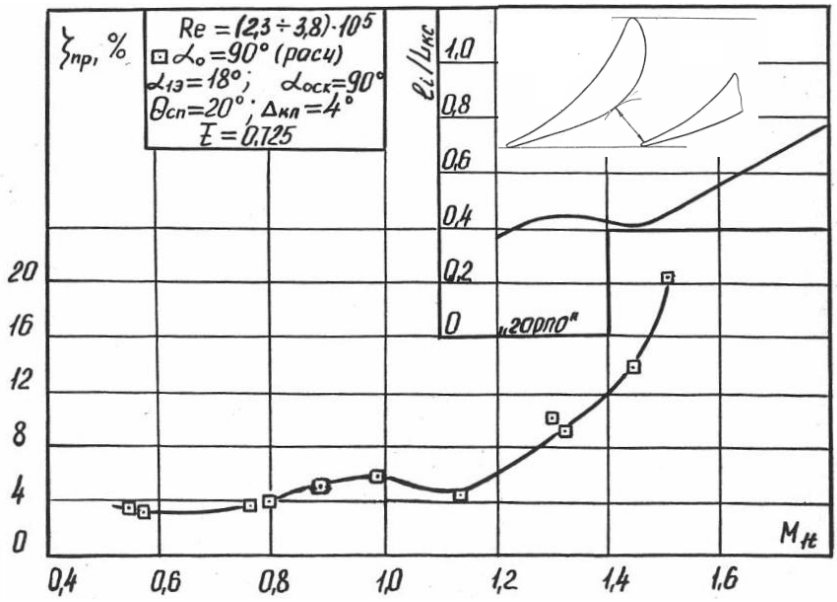
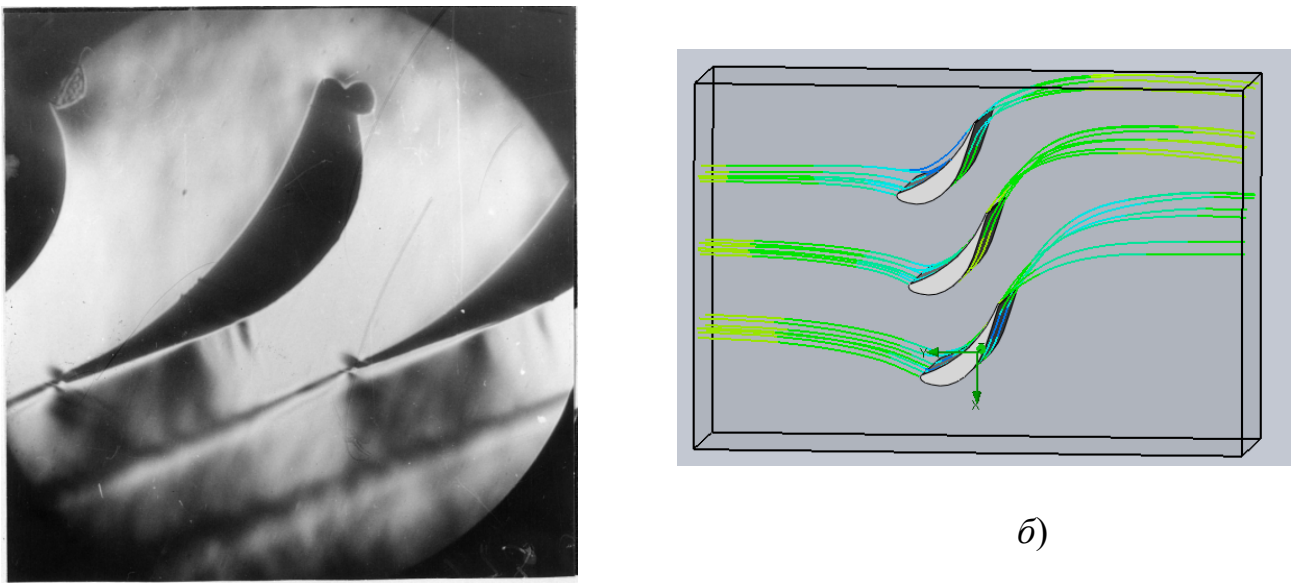


Рис. 3 Залежність $\xi_{пр.} = f(M_{1t})$ для соплової решітки останнього ступеню ТНТ потужної суднової парової турбіни



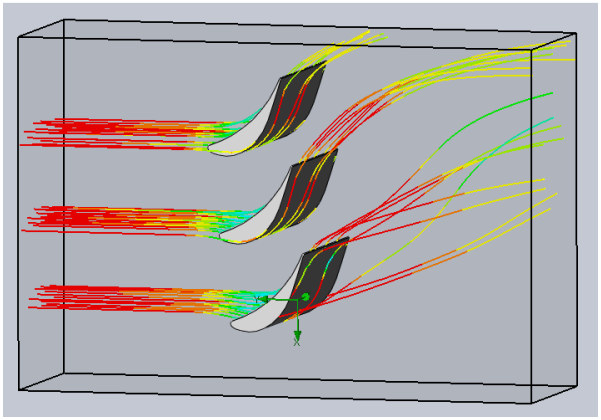
а) *б*)

Рис. 4 Візуалізація течій газу на лопатках при M_{1t} = 0,836 *а* - експериментальні; *б* - розрахункові на моделі

Проведений аналіз експериментальних даних та результатів числового моделювання обтікання решіток розглянутого типу показує нераціональність їх застосування при надзвукових швидкостях.

Виконані розрахунки на моделі демонструють, що використання розрахункових методів дозволяє на ранніх стадіях проектування турбінних лопаток відібрати найбільш оптимальні (з точки зору втрат енергії) форми профілів для конкретних режимів експлуатації суднової турбіни. Подальше вдосконалення профілів, що пройшли попередню розрахункову перевірку доцільно проводити на підставі більш докладних експериментальних випробувань для отримання залежностей втрат в решітці, кута виходу потоку від параметрів решітки і кута натікання потоку.

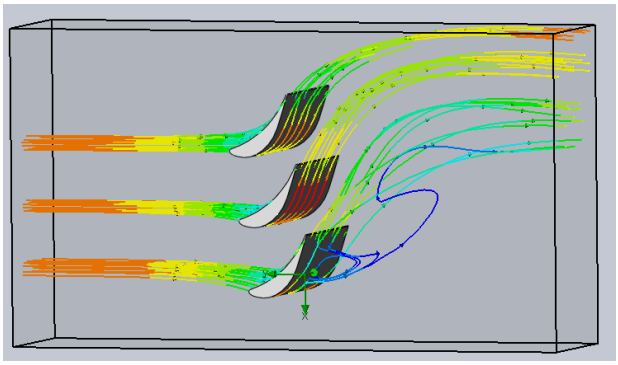
а)



б)

Рис. 5 Візуалізація течій газу на лопатках при M_{1t} = 0,98
а - експериментальні; *б* - розрахункові на моделі

а)



б)

Рис. 6 Візуалізація течій газу на лопатках при M_{1t} = 1,24
а - експериментальні; *б* - розрахункові на моделі

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Перспективные энергетические установки большой мощности для морских судов. Д.А. Шатровский // «Судостроение», №5, 2015, с. 33-37.

2. Исследование трансзвукового течения в области «горла» решеток профилей последних ступеней ЦНД паровых турбин. Гарагуля Б.А.. Куликов В.Д.. Майорский Е.В. // Сб. трудов МЭИ. – М.: 1982, вып. 583.

3. Повышение экономичности и надежности паровых турбин большой мощности. // МЭИ, ОНИР, каф. ПГТ. – М.: 1977, 43 с.

4. Гарагуля, Б.А. Оптимизация геометрических параметров сверхзвуковых сопловых и рабочих решеток последних ступеней турбин [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.14.12). МЭИ. – М., 1985. – 19 с.

5. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонович А.И., Пономарев Н.Б. – СПб.: БХВ - Петербург, 2005. – 800 с..

6. Modeling of scrubber for cleaning industrial gases. Aftaniuk V.V., Spinov V.M. // Journal of the Technical University of Gabrovo. Volume 57’ 2018. P. 35-38.

7. Аэродинамика проточной части судовых турбин. / Матвеев Г.А., Каменев Г.Ф.. Марков Н.М., Елизаров В.С. // Судпромгиз. – Л.: 1961. – 363 с.

УДК 629.5.035-233.1 (001.5)

Кардашев Д. Л., Аболєшкін С. Є.
Національний університет «Одеська морська академія»

Використання метода узагальнених функцій при дослідженні властивостей дискретної крутильної коливальної системи

За останні роки суттєво збільшилось число робіт присвячених дослідженню властивостей коливальних систем. Це пов'язано з підвищенням рівня автоматизації, форсованості суднових двигунів та вимог до безпечності мореплавства[1].

Валопровід суднової пропульсивної установки є нелінійною коливальною системою зі змінними параметрами (наприклад, момент інерції кривошипно-шатунового механізму та нелінійний збуджуючий момент). Крім того при експлуатації механізмів починають відігравати суттєву роль випадкові процеси які приводять до статистичного розсіювання параметрів системи.Поширені нині розрахункові методиє лінійними та детермінованими і, в основному, задовольняють вимогам практики. Але недостатньо дослідженими залишаються явища зв'язаних зі зміною динамічних характеристик, параметричних коливань які збуджуються при перекладені в зазорах механізмів[2,3], виникненням зв'язаних крутильно-аксіальних коливань та інші.

Для вирішення неоднорідних диференціальних рівнянь з початковими та граничними умовами зручно використовувати функції Гріна (названі на честь англійського математика Джорджа Гріна (*George Green*), який першим розвинув відповідну теорію в 1830- гг.). Всі галузі математичної фізики де дуже корисні функції Гріна, мабуть, важко навіть перерахувати. Вони допомагають знаходити стаціонарні і нестаціонарні рішення, у тому числі за всіляких граничних та початкових умов.

Функція Гріна $G(\mathrm{t}, \tau)$ лінійного диференціального оператора $L = L(t)$, це будь-яке рішення рівняння

$$LG(t,\tau) = \delta(t-\tau) \qquad (1)$$

де $L = J\frac{d^2}{dt^2} + \alpha\frac{d}{dt} + k$, J – момент інерції маси, α – коефіцієнт опору, k – жорсткість ділянки валопроводу, $\delta(t-\tau)$ – дельта-функція Дірака.Функція Гріна - це зворотний оператор до L. Тому її незрідка символічно позначають як L^{-1}.

Ця властивість функції Гріна буде використовуватися для вирішення диференціального рівняння вигляду

$$L\varphi(t) = M(t) \qquad (2)$$

де $\varphi(t)$ – кут закручування маси, $M(t)$ – періодичний змушуючий момент який визначається по індикаторні діаграмі з наступним розкладанням в ряд Фур'є.

Якщо ядро Lв (2) не тривіальне, то функція Гріна не єдина. Проте на практиці використання принципу симетрії, граничних та початкових дозволяє визначити конкретну функцію Гріна. Взагалі кажучи, функція Гріна - не звичайна, а узагальнена функція і може мати особливості вигляду дельта-функції або її похідних.

Якщо множина власних векторів (власних функцій) φ_n диференціального оператора L (тобто набір функцій $\varphi_n(t)$, таких, що для кожної знайдеться число $\lambda_n \neq 0$, що $L\varphi_n = \lambda_n\varphi_n$)повно, то можна побудувати функцію Гріна за допомогою власних векторів φ_n і власних значень $\lambda_n = \omega_n^2$.

Під повнотою системи функцій $\varphi_n(t)$ мається на увазі виконання співвідношення:

$$\delta(t-\tau) = \sum_n \varphi_n(t)\overline{\varphi}_n(\tau)$$

Можна показати, що

$$G(t,\tau) = \sum_n \frac{\varphi_n(t)\overline{\varphi}_n(\tau)}{\lambda_n}$$

Дійсно, подіявши оператором L на цю суму, ми отримаємо дельта-функцію (через співвідношення повноти). Рискою зверху позначено комплексне спряження (якщо φ_n — дійсні функції, його можна не робити).

Динаміка коливальної системи описується системою однорідних диференціальних рівнянь другого порядку

$$\theta_i \cdot \ddot{\varphi}_i + c_{i,i-1}(\varphi_i - \varphi_{i-1}) - c_{i+1,i}(\varphi_{i+1} - \varphi_i) = 0, \quad i = 1\ldots N \qquad (3)$$

де: N – число зосереджених мас системи, θ_i – моменти інерції зосереджених мас, φ_i- кути скручування валу на i-ї ділянці, $c_{i,j}$- жорсткості пружних ділянок. Тоді рівняння (1) для визначення функції Гріна в матричному представленні (резольвенти) буде мати матричний вигляд [4]

$$(\underline{L} - \omega^2\underline{I})\underline{G_0} = \underline{I} \qquad (4)$$

де $\underline{I}$ - одинична матриця, а підкреслення знизу означає матричний характер операторів. Власні частоти (4) визначаються полюсами не збудженої функції Гріна $\underline{G_0}$.

Функція Гріна збудженої $\underline{G}$ системи може бути знайдена із матричного аналогу рівняння (2) та виражена через $\underline{G_0}$ [5-8]

$$\underline{G} = (\underline{I} - \underline{M}\underline{G}_0)^{-1}$$

Для дискретної коливальної системи розглянутої в [4] з використанням апарату методу функцій Гріна побудована амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) для власної частоти N_2=1379,6 кол/хв двохвузлової форми коливань (рис.1). Цифрами позначені головні гармоніки які попадають в зону робочих частот суднової енергетичної установки.

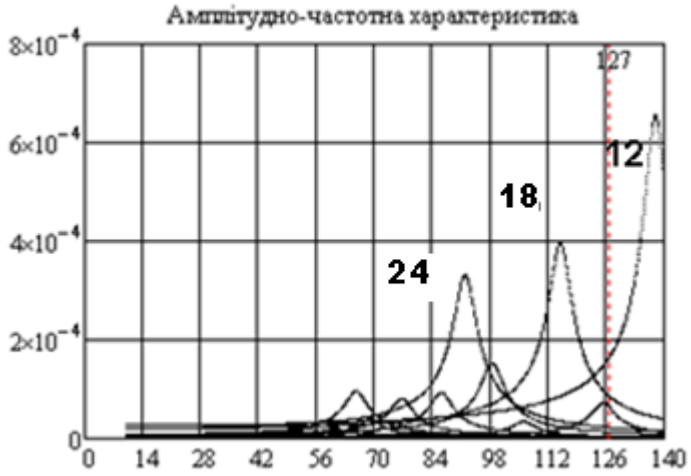


Рис. 1. Амплітудно-частотна характеристика отримана з використанням методу функцій Гріна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. International standard ISO 3046-5: Reciprocating internal combustion engines-Performance- Part 5: Torsional vibrations, 2001. - 10 p.
2. Вульфсон И. И.Влияние изменений динамических характеристикв приводах цикловых машин сложной структуры//Теория механизмов и машин, 2014. №1. Том 12, С. 8-19.
3. Вульфсон И.И., Преображенская М.В. Исследование колебательных режимов, возбуждаемых при перекладке в зазорах цикловых механизмов, соединенных с общим исполнительным органом. //Проблемы машиностроения и надежности машин, 2008. №1.С. 33–39.
4. Цхай О.М., Кардашев Д.Л. Аналіз розвитку крутильних коливань валопровода судна/Матеріали науково-технічної конференції молодих дослідників «Суднові енергетичні установки: експлуатація та ремонт».- 2018.- С. 86-89.
5. Пановко Я. Г. Введение в теорию механических колебаний/Изд. "Наука" М., 1973.- 240 с.
6. Багров В.Г., Белов В.В., Задорожный В.Н., Трифонов А.Ю. Методы математической физики. Т 1-2. — Томск: Изд-во НТЛ, 2002.
7. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М., 1972., 736 с.
8. Владимиров В.С., Жаринов В.В. Уравнения математической физики. М., ФИЗМАТЛИТ, 2000., 400 с.

УДК 629.123: 628.83

Афтанюк В.В., Афтанюк А.В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Компьютерне моделювання резервуару LIQUID INERT GAS SYSTEM (n_2) хімічного танкеру

У сучасному світі щоденно виготовляється різноманітна кількість хімічних продуктів, у зв'язку з цим виникла гостра необхідність їх транспортування. Зростаючий обсяг перевезень наливних хімічних вантажів визначив питання перевезення їх наливом на спеціально обладнаних танкерах-хімовозах [1].

Вантажі, що перевозяться на цих танкерах, коливаються від нафтохімії, що використовується як сировина для пластмас або синтетичного каучуку та волокон, промислових кислот та лугів, спиртів та розчинників, високо очищеного мастильного масла та суміші до мастильного масла, до миючих засобів, тваринного та рослинного масла або харчових продуктів, таких як фруктові соки або вино. Крім того, деякі вишукуванні нафтопродукти, які раніше вважалися оливами, тепер класифікуються як хімічні речовини в рамках регулювання морського забруднення чи токсичності ММО і їх можна перевозити лише хімічними танкерами [2].

Операції з хімічними танкерами відрізняються від будь-яких інших перевезень наливом, оскільки велика кількість вантажів різних властивостей може здійснюватися одночасно в одному рейсі.

Під час роботи з небезпечними вантажами найбільш часто використовують інертний газ в наступних випадках:

• щоб уникнути ризику виникнення пожежі або вибуху з горючими продуктами;

• для запобігання хімічної реакції;

• а також для підтримки якості вантажу.

СОЛАС вказує, що максимальна кількість кисню, яка дозволяє забезпечити ефективне інертування резервуара, становить 8%. Правила також описують обладнання та пристрої контролю, необхідні для забезпечення безпеки операції. Не всі танкери для хімічних речовин оснащені інерційним потенціалом, але все більше число стають забезпеченими інертними системами, як правило, азотом [3].

Джерелами інертного газу, що доступні танкерам з хімічної промисловості є:

- збережений стиснутий азот;
- збережений рідкий азот;
- азотові генератори з використанням адсорбції;
- азотні генератори з використанням мембранного розділення;
- азот, що подається з берега;
- нагріті інертні генератори газу.

Азот можна зберігати на борту у рідкій формі, при криогенній температурі 196 °С. Він зберігається в ізольованих резервуарах, виготовлених з холодо-

стійкого матеріалу, як правило, з нержавіючої сталі. Криогенний резервуар має внутрішній і зовнішній корпус, простір між ними заповнений ізоляцією і підтримується під вакуумом. Це дозволяє зберігати азот протягом тривалого часу без помітних збитків.

Резервуари для зберігання рідкого азоту, встановлені на хімічних танкерах, заправляються в порту із берегових ресурсів.

Коли азот необхідний у газовому стані для використання у вантажних танках, рідина перетворюється назад у газ, використовуючи випарник, який отримує необхідне тепло для випаровування з навколишнього повітря.

Розглядаючи сучасні системи інертних газів можна виділити наступні переваги:

- Інертний газ у вантажному танку робить атмосферу невибуховою.
- Це дозволяє мити танк під високим тиском, що зменшує час очищення цистерни.
- Покращує ефективність очищення та зменшує час вивантаження.
- Допомагає в безпечному випаровуванню газів у танках.
- Він утворює легко доступний вогнегасний агент для інших приміщень.
- Знижує втрату вантажу через випаровування.
- Відповідає законодавству та зменшує страхові внески.

Недоліками є:

- Додаткові витрати на встановлення.
- Додаткове технічне обслуговування вимагає наявності робочої сили.
- Низька видимість всередині танків.
- З низьким вмістом кисню доступ до танків заборонений.
- Зміст кисню необхідно контролювати.

Також під час експлуатації було виявлено основний недолік системи з рідким азотом. При наявності рідкого азоту у резервуарі під дією температури зовнішнього середовища., рідкий азот випаровується у надмірній кількості, що змушувало використовувати високоякісний азот якнайбільше. З однієї сторони це давало позитивний ефект у тому випадку, коли під час вантажних операцій високоякісний азот використовувався без додаткового запуску системи підігріву для переведення рідкого азоту у газоподібний стан. Але під час довготривалого переходу між портами такий ефект змушував скидати надмірну кількість азотного газу в атмосферу.

Цій недолік системи з рідким азотом дає підставу виконання пошуку шляхів покращення експлуатації даної інертної системи без утворення надмірної кількості інертного газу високої якості, на підставі комп’ютерного моделювання.

На першому етапі роботи необхідно розробити твердотільну модель резервуару та приміщення (deck house). Для моделювання використана програма SolidWorks, яка містить всю необхідну номенклатуру інструментів, для розробки об'єктів, орієнтованих на подальше використання інтегрованих програм теплового та аеродинамічного розрахунку [4].

У результаті було отримано спрощену твердо тільну компьютерну модель резервуару з шаром термоізоляційного матеріалу – перліт, та вакуум (рис. 1, 2).

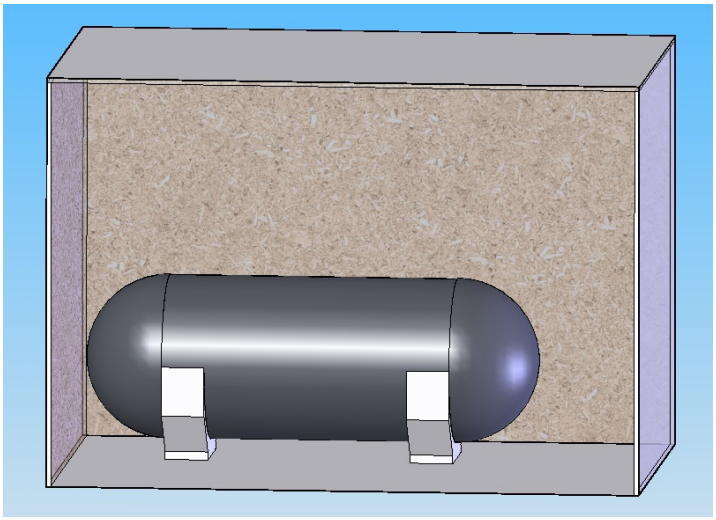


Рис. 1 Спрощена твердотільна модель резервуару з рідким азотом в приміщенні deck house

Модель резервуару з рідким азотом у приміщенні (deck house), яка дозволяє врахувати вплив теплонадходжень, пов’язаних зі зміною температури зовнішнього середовища (рис. 3) та проаналізувати аеродинаміку потоків вентиляційного повітря.

Для зменшення надходжень тепла в приміщення (deck house) було запропоновано, окрім теплоізоляційного шару виконати систему технічного кондиціювання, яка дозволить стабілізувати температуру в приміщенні deck house та зменшити теплонадходження до резервуару LIQUID INERT GAS. Розроблена модель дозволяє визначити раціональне розташування припливного та витяжного отворів, обсяг та температуру повітря, що подається в приміщення deck house системою технічного кондиціонування.

Наведені результати (рис. 3 – 5) були отримані під впливом різних температур на створену твердотільну імітаційну модель. У даному випадку, вплив теплонадходжень крізь систему теплозахисту резервуарів не було враховано. Був розглянутий вплив теплонадходжень при зміні температур зовнішнього середовища, та кількість тепла, що передається до зовнішньої стінки резервуару.

Із наведених температурних схем (рис. 4) та розподілу повітряних потоків можна зробити висновок, що система технічного кондиціонування для deck house дозволить зменшити теплонадходження і зберігати майже постійну температуру всередині приміщення та резервуарів на протязі тривалого часу. Таке рішення дозволить підвищити ефективність експлуатації системи LIQUID INERT GAS, зменшити економічні витрати та зменшити викиди азоту в навколишнє середовище під час довготривалих переходів між портами

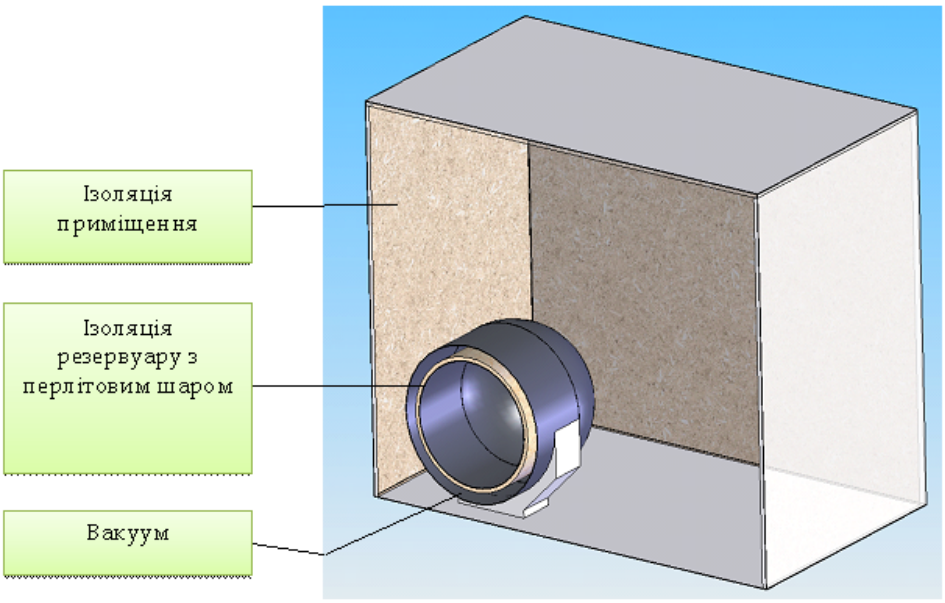


Рис. 2 Розріз резервуару з рідким азотом з шаром ізоляції – перліт та вакуум

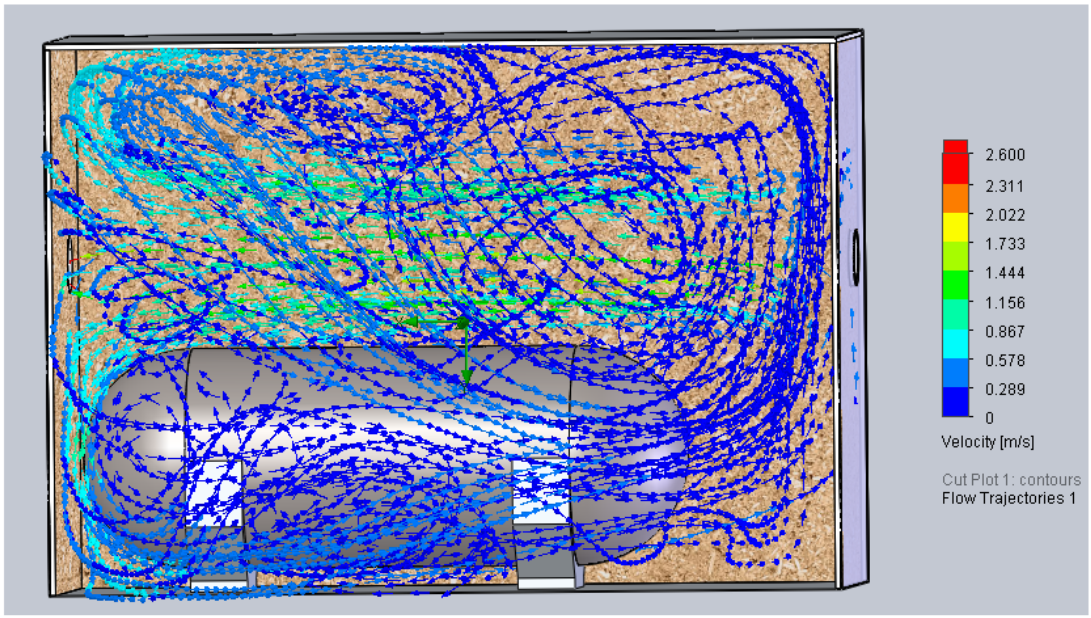
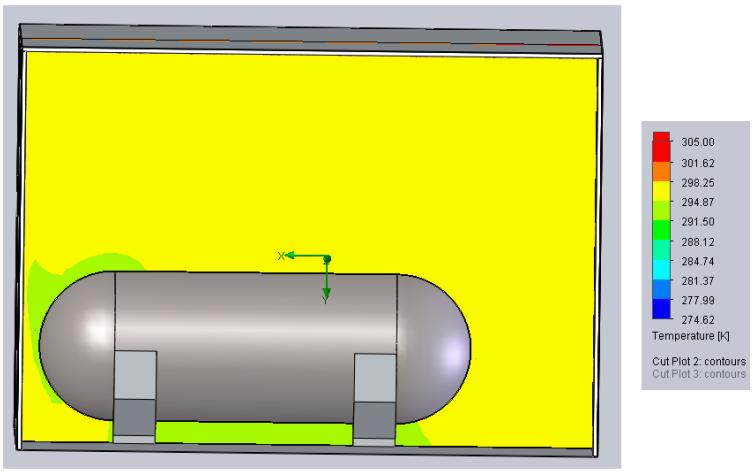
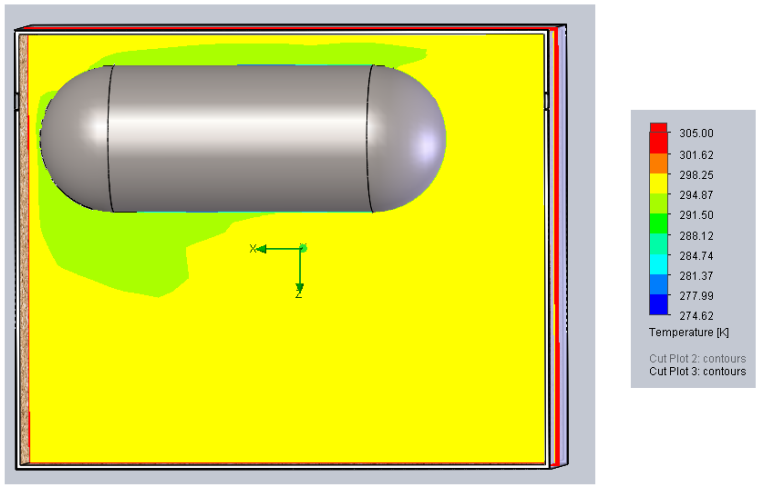


Рис. 3 Модель траєкторій руху та швидкості повітря в приміщенні deck house при роботі системи технічного кондиціонування



а)



б)

Рис. 4 Картини розподілу температур в приміщенні deck house при роботі системи технічного кондиціонування:
а – в повздовжньому перерізі; *б* – в поперечному перерізі.

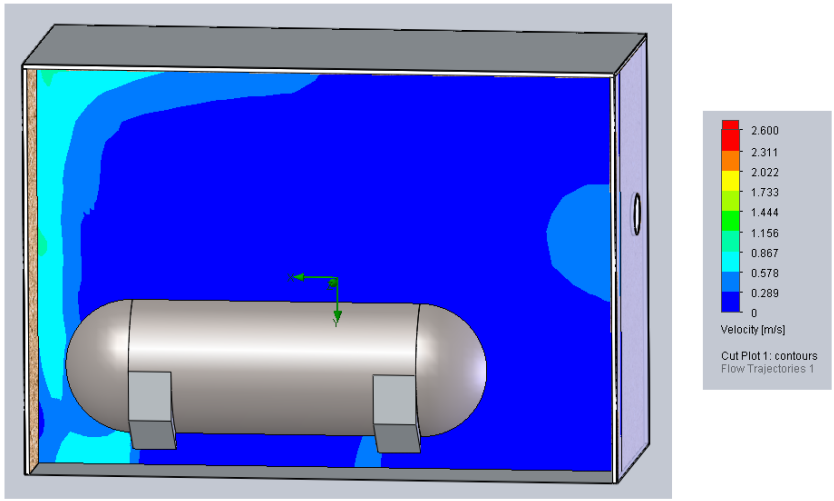


Рис. 5 Картини розподілу швидкостей повітря в приміщенні deck house при роботі системи технічного кондиціонування

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ
1. The Chemical Hazards Response Information System (CHRIS) - United States Cost Guard, Washington, DC, 1999. – 181 p;
2. International code for the construction and equipment of ships carrying dangerous chemicals in bulk - MSC.176(79) ; [Електронний ресурс] / International Maritime Organization, London, UK, 2004. – 120 p. Режим доступу: http://www.ardda.gov.az/uploads//images/qanunvericilik/Eng/codes/ IBC_code.pdf
3. Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі 1974 р. (СОЛАС-74) [Електронний ресурс] / Міжнародна Морська Організація. - Режим доступу: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_251
4. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонович А.И., Пономарев Н.Б. – СПб.: БХВ - Петербург, 2005. – 800 с.

УДК. 62-533.6:62-541.2:681.5.013:681.542.4

Подмазко О.С.
Національний університет «Одеська морська академія»
Піщанська Н.О.
Одеська національна академія харчових технологій

Оптимізація схеми підготовки повітря для технологічних процесів

Під термодинамічною моделлю, що використовується для аналізу роботи системи кондиціювання повітря, розглянуто сукупність розрахункових термодинамічних схем та рівнянь, які для будь-яких тепловологісних навантажень в приміщеннях та поточному термодинамічному стані зовнішньої атмосфери забезпечать найменші витрати теплоти, холоду, повітря та води. Відповідно методиці при побудові ТДМ СКП розрізняють чотири класи тепловологісних навантажень. Перший клас характерний для об’єктів із малими тепловологісним надходженнями та великими значеннями витрати зовнішнього повітря Gн. Другим та третім класами характеризуються більшість виробничих приміщень із великими надлишками тепла. Четвертий клас – коли СКП виконує функції опалення.

Для аналізу способів термовологісної обробки повітря розглянуто термодинамічну модель для 2-го та 3-го класів тепловологісних навантажень. Саме ці класи характеризують кліматичні умови, що потрібні для забезпечення технологічних процесів в виробничих приміщеннях. Температурний діапазон внутрішніх параметрів для більшості виробництв складає t=20-30oC, відносна вологість φ=50-100%. До розгляду запропоновані завдання параметрів повітря в середині приміщення точкою (t=const, φ=const) и лінією (t=const, φ=var), що відповідають вказаному діапазону зміни t та φ.

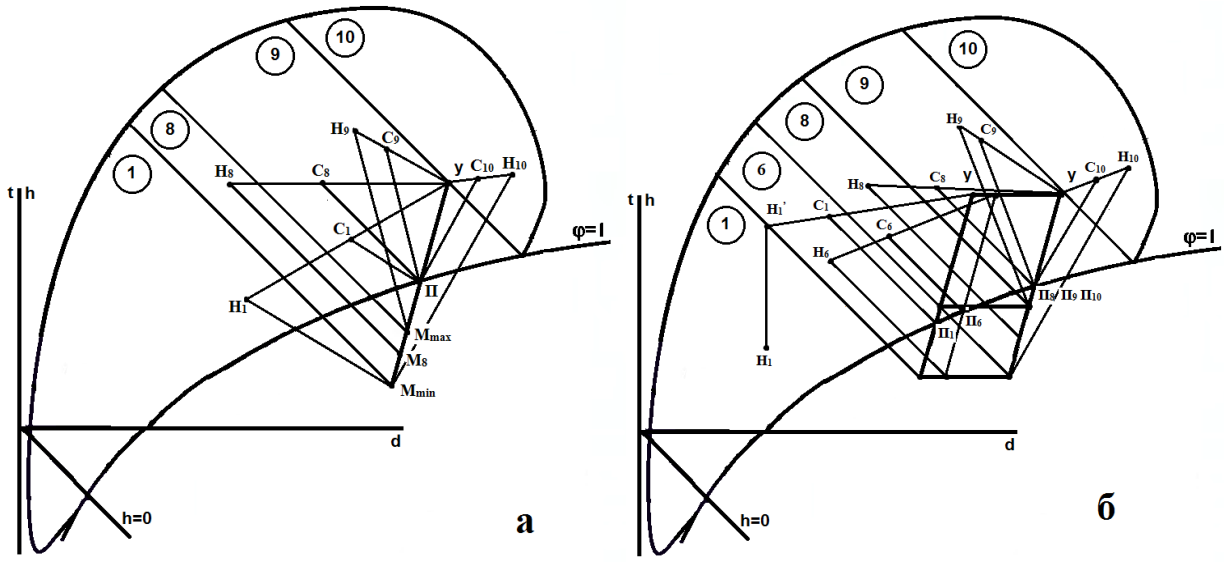


Рис.1 – Побудова ТДМ СКП для опорного варіанту,3-й клас навантажень: а – параметри в середині приміщення задані точкою (t=const, φ=const), б – лінією (t=const, φ=var).

Аналіз показав, що робота СКП в опорному варіанті буде заключатися в реалізації чотирьох режимів, що відповідають зонам 1, 8, 9 и 10, (рис.1,а) та п'яти режимам, відповідних зон 1, 6, 8, 9 и 10, (рис.1,б). Дані режими відповідають умовам мінімізації витрат СКП на тепло (Q_m), холод (Q_x) та витрату зовнішнього повітря ($G_н$).

Зона 1, режим $P(Q_т W G_{нmin})$.

$W_1 = G_{нmin} \cdot (d_{П1} - d_{C1}) \cdot 10^{-3}$, кг/с,

$Q_{x1} = G_{нmin} \cdot C_в \cdot (t_{C1} - t_{П1}) = G_{нmin} \cdot (d_{П1} - d_{C1}) \cdot r \cdot 10^{-3}$, кВт.

де $Q_т$,$Q_х$ – кількість тепла та холоду, відповідно, кВт;

W – кількість вологи, кг/с;

$G_{нmin}$, $G_{нmax}$,$G_{нvar}$ – витрата зовнішнього повітря, мінімальна, максимальна та змінна відповідно, кг/с;

$C_в$ – тепломісткість повітря, кДж/кг·К;

d – вологовміст, кг/кг.

Зона 6, режим $P(WG_{нmin})$.

$Q_{x6} = G_{нmin} \cdot C_в \cdot (t_{C6} - t_{П6}) = G_{нmin} \cdot (d_{П6} - d_{C6}) \cdot r \cdot 10^{-3}$, кВт,

$W_6 = G_{нmin} \cdot (d_{П6} - d_{C6}) \cdot 10^{-3}$, кг/с.

Зона 8, режим $P(WG_{нvar})$.

$Q_{x8} = G_{нvar} \cdot C_в \cdot (t_{C8} - t_{П8}) = G_{нvar} \cdot (d_{П8} - d_{C8}) \cdot r \cdot 10^{-3}$, кВт,

$W_8 = G_{нvar} \cdot (d_{П8} - d_{C8}) \cdot 10^{-3}$, кг/с.

Зона 9, режим $P(Q_х G_{нmax})$.

$Q_{x9} = G_{нmax} \cdot C_в \cdot (t_{C9} - t_{П9}) = G_{нmax} \cdot (d_{П9} - d_{C9}) \cdot r \cdot 10^{-3}$, кВт.

Зона 10, режим $P(Q_х G_{нmin})$.

$Q_{x10} = G_{нmin} \cdot C_в \cdot (t_{C10} - t_{Mmin}) = G_{нmin} \cdot (d_{C10} - d_{Mmin}) \cdot r \cdot 10^{-3}$, кВт.

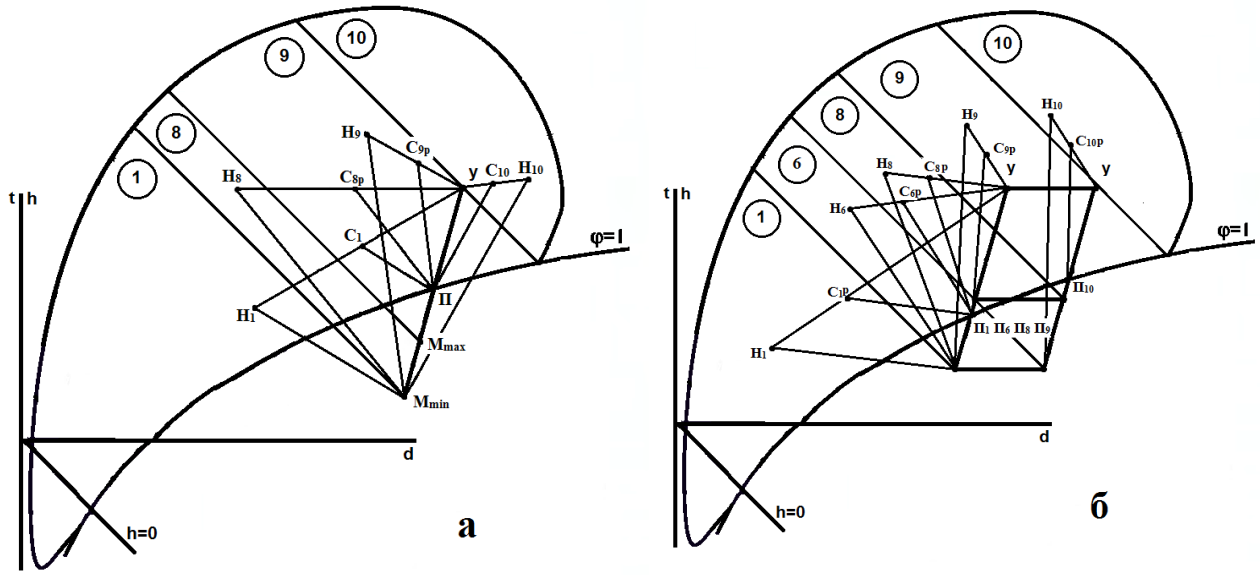


Рис.2 – Побудова ТДМ СКП при обробці повітря в контактному апараті, 3-й клас навантажень: а – параметри всередині приміщення задані точкою (t=const, φ=const), б – лінією (t=const, φ=var).

Розглянуто приватний випадок можливості обробки повітря в контактному апараті, що дозволило знизити витрати СКП на воду (*W*), рис.2.

Зона 6, режим P(WG$_{нmin}$).

$Q_{x6} = G_{нmin} \cdot C_в \cdot (t_{C6p} - t_{П6}) = G_{нmin} \cdot (d_{П6} - d_{C6p}) \cdot r \cdot 10^{-3}$, кВт,

$W_6 = G_{нmin} \cdot (d_{П6} - d_{C6p}) \cdot 10^{-3}$, кг/с.

Зона 8, режим P(WG$_{нmin}$).

$Q_{xw} = G_{нmin} \cdot C_в \cdot (t_{C8p} - t_{П8}) = G_{нmin} \cdot (d_{C8p} - d_{П8}) \cdot r \cdot 10^{-3}$, кВт.

$W_8 = G_{нmin} \cdot (d_{C8p} - d_{П}) \cdot 10^{-3}$, кг/с.

Зона 9, режим P(Q$_x$G$_{нmin}$).

$Q_{xw} = G_{нmin} \cdot C_в \cdot (t_{C9p} - t_{П9}) = G_{нmin} \cdot (d_{C9p} - d_{П9p}) \cdot r \cdot 10^{-3}$, кВт.

$W_9 = G_{нmin} \cdot (d_{C9p} - d_{П9}) \cdot 10^{-3}$, кг/с.

В результаті аналіза данного альтернативного варіанту, контактний апарат можна рекомендувати у якості універсального для термовологісної обробки повітря до необхідних параметрів.

Аналогічна ситуація складається при розгляді ТДМ СКП для другого класу навантажень. Окрім зон 1, 6, 8, 9, 10, з'являються додатково зона 11. Для опорного варіанту (рис.3,а) вона характеризується більшими витратами на необхідну для обробки повітря кількість вологи, у порівнянні із альтернативним варіантом, при якому контактний апарат використовується у якості універсального.

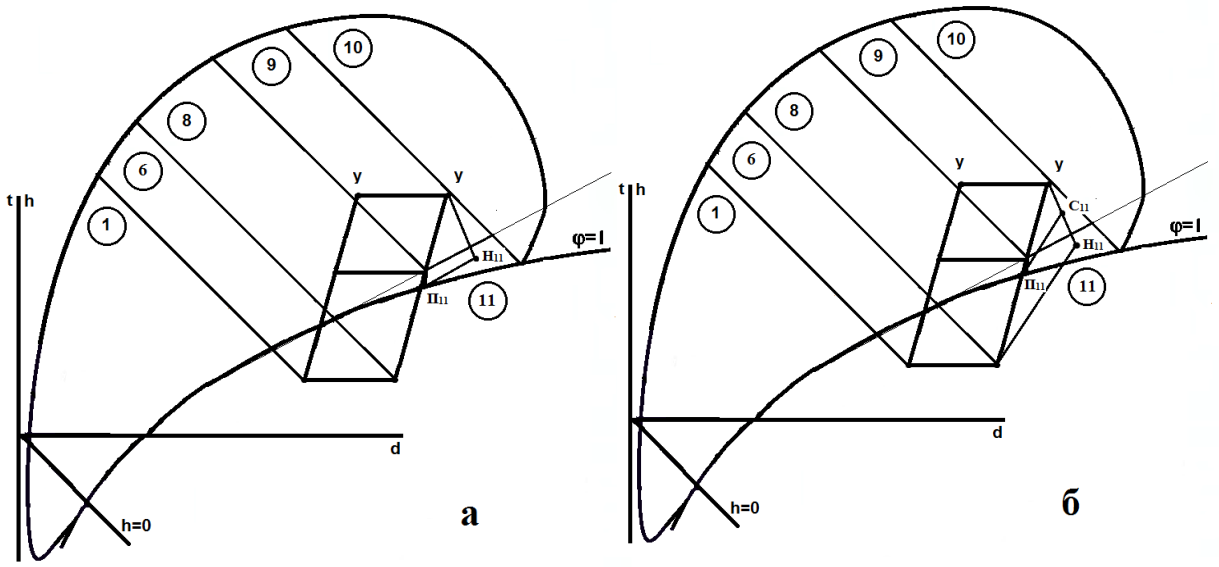


Рис.3 – Побудова ТДМ СКП, 2 клас навантажень, параметри всередині приміщення задані лінією (t=const, φ=var): а – опорний варіант, б – обробка повітря в контактному апараті.

Зона 11, режим $P(XG_{нvar})$, рис. 3,а

$Q_{x11} = G_{нvar} \cdot C_в \cdot (t_{Н11} - t_{П11}) = G_{нvar} \cdot (d_{Н11} - d_{П11}) \cdot r \cdot 10^{-3}$, кВт.

Зона 11, режим $P(XG_{нmin})$, рис. 3, б.

$Q_{xw} = G_{нmin} \cdot C_в \cdot (t_{С11} - t_{П11}) = G_{нmin} \cdot (d_{С11} - d_{П11}) \cdot r \cdot 10^{-3}$, кВт.

$W_{11} = G_{нmin} \cdot (d_{С11} - d_{П11}) \cdot 10^{-3}$, кг/с.

Висновки

Після аналізу розрахункових схем та технологічних процесів для різноманітних класів термодинамічної моделі системи кондиціювання повітря зроблено наступні висновки:

- порівняльний аналіз вихідної ТДМ СКП (опорний варіант) з умовами виконання ранжировок РА-2 і РА-3 за мінімізацією $G_п$ і $G_ж$, відповідно, із варіантом використання контактних апаратів обробки повітря (альтернативний варіант) для першого та четвертого класів навантажень показав – витрати на тепло і воду однакові для двох варіантів, а витрати на холод у другому випадку менші;
- порівняльний аналіз опорного варіанту ТДМ СКП із альтернативним варіантом виявив для другого та третього класів – зменшення не тільки витрати на холод, а й воду в альтернативному варіанті (у деяких випадках вона не витрачається зовсім, а навпаки здобувається);
- витрати на електроенергію значно збільшуються у випадку використання парових зволожувачів повітря для забезпечення необхідних значень вологовмісту.

ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА:

1. Быков А.В. Различные области применения холода. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 207с

2. Липа А.И. Основы теории и современные технологии обработки воздуха. – Одесса 2003: ОГАХ, 175 с.
3. Староверов И.Г. Вентиляция и кондиционирование воздуха. – Изд.3. – Москва: Стройиздат, 1978. –509 с.
4.Кокорин О.Я. Отечественное оборудование для создания систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Москва 2005.–97с.
5. Белова Е.М. Центральные системы кондиционирования воздуха в зданих. – М.: Евроклимат, 2006. – 640 с.: ил. – (Библиотека климатехника).

УДК УДК621.435.1

Малахов А.В., Гудилко Р.Г

Использование технологии подготовки водо-топливных эмульсий при работе судов

На основе анализа технических проблем, связанных с эксплуатацией морских судов можно констатировать, что своего решения требует очень актуальная проблема использования обводненных топлив. Одним из путей ее решения является реализация новой технологии подготовки и сжигания водотопливных эмульсий (ВТЭ).

Влияние воды в топливе на процессы его горения в двигателях внутреннего сгорания впервые было рассмотрено еще в 1880 году в патенте Отто. Большое количество исследований в этой области проведено П. Волкером [1], В. М. Ивановым [2-3], О. Н. Лебедевым [4], П. Адкинсоном [5-6], А. Лоусоном [7] и др.

Согласно принятой классификации влага в дизельном топливе подразделяется на два вида: внутреннюю и внешнюю.

Внутренняя влага является практически всегда одной из составляющих топлива и в применении к дизельному топливу она является коллоидной. Ее количество всегда меняется и определяется природным составом топлива, а также относительной влажностью атмосферного воздуха. К коллоидной влаге относится гидратная влага – часть воды, которая химически связана с минеральными примесями топлива. Обычно к ним относят сернокислый кальций и алюмосиликат [8]. При анализе характеристик топлива хорошим индикатором гидратной влаги является зольность топлива. Чем она выше, тем больше внутренней влаги содержится в исходном объеме топлива [9].

Внешняя влага в топливе является всегда переменной величиной. Основные источники ее возникновения можно подразделить на: атмосферные, техногенные и технические.

В ходе исследований процесс изменения основных свойств ВТЭ базировался на конечном результате известного физического процесса. При высоких скоростях движения за счет преобразования кинетической энергии возможно механическим путем достигнуть изменение структуры и свойств многофазных сред [10]. Механическое перемешивание на высоких скоростях движения приводит к переходу внешней влаги в топливе во внутреннюю, а полученная ВТЭ

характеризуется равномерно распределенной структурой и устойчивостью к расслаиванию. Характеристики горения в судовом главном двигателе (ГД) такой ВТЭ будут намного превышать аналогичные величины, взятые для обычного дизельного топлива. При использовании этого подхода была решена главная практическая задача – сведены к минимуму негативные последствия степени повышенного влагосодержания в топливе и проведена модернизация судовой технологической схемы топливоподготовки. Разработанная судовая технологическая схема обработки ВТЭ является универсальной и не зависит от типа судна, производительности системы топливоподготовки, мощности ГД или его конструктивного исполнения.

Для механической подготовки ВТЭ необходимо правильно выбирать конструкцию центробежного насоса. В этом случае основным базовым критерием должен быть безразмерный коэффициент мощности $\overline{N}$, который рассчитывается по выражению

$$\overline{N} = \frac{\overline{Q} \cdot \overline{H}}{\eta} \qquad (1)$$

где $\overline{Q}$ и $\overline{H}$ - безразмерные коэффициенты напора и производительности насоса; η - полный КПД насоса.

Величина коэффициента мощности насоса для получения ВТЭ с размерами частиц воды в топливе не более 10^{-7} м должна составлять 0,95 и более.

В результате экспериментальных исследований для различных значений концентраций смеси судового дизеля марки Diesel euro 2M с водой была определена температура вспышки. На рисунке 1 показаны результаты, относящиеся к двум способам приготовления ВТЭ. Кривая 1 соответствует механическому способу смешения, а кривая 2 соответствует использованию пластинчатого ультразвукового генератора, когда в исходной смеси двух компонент (топлива и воды) за счет высокочастотных колебаний пластины происходило эмульгирование.

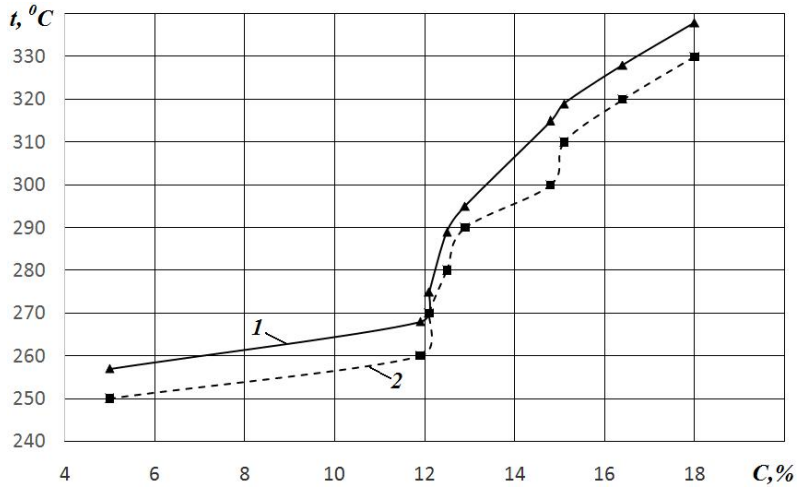


Рис. 1.Влияние концентрации воды на температуру вспышки ВТЭ на основе судового дизеля марки Diesel euro 2M: 1 – механическая подготовка ВТЭ; 2 – ультразвуковая подготовка ВТЭ.

В ходе проведения экспериментальных исследований на судне AHTS “Jaya Majestic” было установлено, каким образом наличие воды в дизельном топливе оказывает влияние на два основных эксплуатационных показателя судна – расход топлива и температуру уходящих дымовых газов. Измерения производились во время перехода судна, когда три рабочих режима нагрузки судового ГД при неизменном числе его оборотов соответственно составляли: 80 %, 50 % и 30 %.

Максимальный эффект в экономии топлива при использовании ВТЭ был достигнут при нагрузке равной 80 %. В этом случае при влажности топлива равной 15 % изменение в расходе топлива по сравнению с влажностью 1 % составило всего 1,57 %. Фактически при ходе судна на режиме нагрузки ГД равном 80 % возможно получение экономии топлива в 13,42 %.

Изменение температуры и состава уходящих дымовых газов в зависимости от влажности ВТЭ было экспериментально исследовано при помощи универсального цифрового анализатора дымовых газов 717R Flue Gas Analyser (США). Установлено, что влажность ВТЭ напрямую снижает температуру судовых дымовых газов. Падение температуры в основном обусловлено дополнительными затратами тепловой энергии на диссоциацию водной компоненты эмульсии в факеле. Именно эти затраты энергии приводили к суммарному снижению общих тепловых потерь на выходе из судового ГД. По аналогии с экономическим эффектом от сокращения уровня потребления топлива на режиме хода судна с нагрузкой судового ГД в 80 % был достигнут положительный эффект температурного баланса. Изменение влажности в исходной ВТЭ с 1 до 15 % приводило к получению отрицательного градиента в перепаде температур (-52,7 ^{0}C) на выходе из дымохода. Этот показатель является очень высоким и показывает перспективность дальнейшего использования ВТЭ в условиях работы судов.

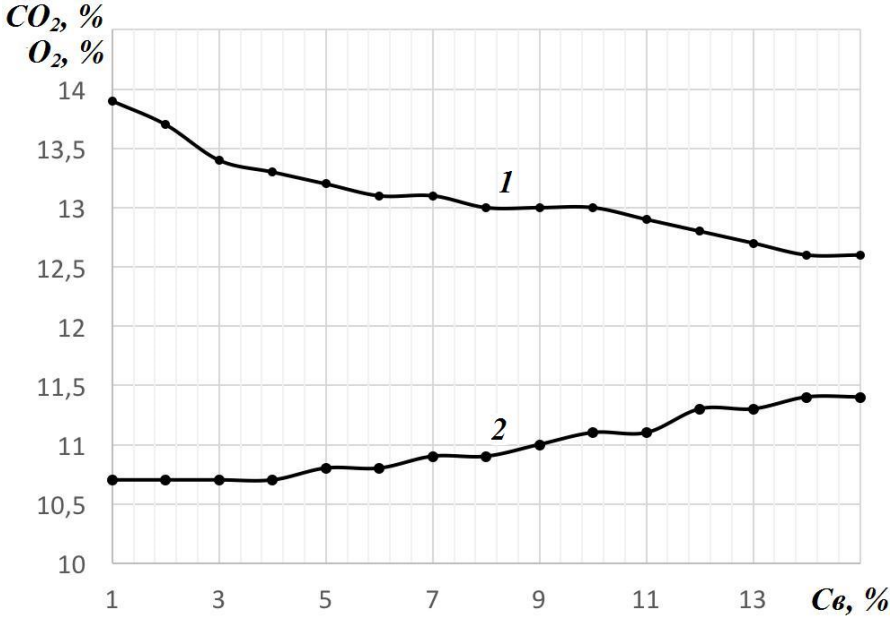


Рис. 2. Влияние концентрации воды в ВТЭ на состав уходящих газов. 1 – диоксид углерода CO_2; 2 – кислород O_2

Экспериментальные результаты изменения концентрации кислорода O_2 и диоксида углерода CO_2 в уходящих газах с ростом влажности ВТЭ показаны на рисунке 2. Как видно на графике снижение значений диоксида углерода CO_2 с одновременным увеличением свободного кислорода в дымовых газах по мере роста влагосодержания в водо-топливной эмульсии свидетельствует о более качественном выгорании дизельного топлива, а, следовательно, и росте суммарного КПД СЭУ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Волкер П., Райт К. Вопросы горения: В 3 т. / М.: Иностр. Лит., 1953. Т. 1. 362 с.

2. Иванов В.М. Топливные эмульсии. М.: Издательство Академии наук СССР, 1962. – 246 с.: ил.

3. Иванов В.М., Нефедов Т.И. Экспериментальные исследования процесса горения частиц натуральных и эмульгированных жидких топлив. // Новые методы сжигания топлива и вопросы теории горения. – М.: Наука, 1962. – С. 34–35.

4. Лебедев О.Н., Сомов В.А., Сисин В.Д. Водотопливные эмульсии в судовых дизелях. Л.: Судостроение, 1988. – 108 с.

5. Adkins P. The burning of emulsified fuel in medium speed diesel engines. Fairplay Inst Shipp Weekly. 1982, N 28. P. 27–29.

6. Adkins P. First slow–speed engine to run on emulsified fuel. Marine Eng. Rev, 1982, Sept. p. 37.

7. Lawson A., Last A.Y. Modified fuels for diesel engines by application of unstabilised emulsions. SAE Technical Paper Series. 1979. № 790925 – 16 p.

8. Частухин В.И., Частухин В.В. Топливо и теория горения: Учеб. пособие. – К.: Выща шк. Головное изд–во, 1989.–223 с., ил.

9. Strandel P.A. Review of water emulsified fuel investigations for shipboard applications. Naval Engineers Journal, 1986. pp. 53–60.

10. Venerus D.C., Yala N., and Berstein B., Non–Newtonian Fluid Mech., 75, 55 (1998).

УДК 629.12

Коваленко С.И.
Дунайский институт Национального университета «Одесская морская академия»

Максимизация энергоэкологического эффекта внедрения газопоршневых двигателей в СЭУ

Актуальность проблемы использования газопоршневых двигателей (ГПД) в составе судовых энергетических установок (СЭУ) обусловлена двумя факторами: стремлением сократить потребление топлив нефтяного происхождения и необходимостью повышения экологической безопасности СЭУ. Судовые двигатели внутреннего сгорания (ДВС) могут являться основным источником за-

грязнения атмосферы в таких локальных зонах, как порты, гидротехнические сооружения, акватории рек в черте города.

Эмиссия токсичных соединений и твердых частиц с отработавшими газами регламентирована международными стандартами (Euro, IMO, TA-Luft, Tier). В ближайшие годы следует ожидать ужесточения экологических требований к поршневым ДВС, прежде всего, по содержанию в отработавших газах оксидов азота NO_x, снижение выбросов которых является одной из актуальных задач современного судового двигателестроения [1].

Проведенное сравнение табличных данных показывает, что применение в качестве топлива для ДВС природного газа обеспечивает существенное сокращение количества вредных выбросов по сравнению с использованием топлив на основе нефти: полностью исключаются выбросы серы, кардинально (на 90 %) снижаются выбросы оксидов азота (NO_x), снижение выбросов парниковых газов на эквивалентную мощность составляет 25 – 30 %, что является дополнительным аргументом в пользу перевода судовых двигателей на газовое топливо в свете современных экологических требований ИМО. Используются два принципиально различных способа перевода дизельных двигателей на питание газовым топливом [2].

1. Конвертация дизельного двигателя в двигатель внутреннего сгорания с воспламенением газовоздушной смеси от искры (полное замещение топлива). Данный способ является достаточно радикальным и связан со значительным изменением конструкции базового двигателя. При этом с двигателя демонтируют дизельную топливную аппаратуру, уменьшают степень сжатия до 11 – 16 единиц, устанавливают систему зажигания, топливоподающую газовую систему. В результате двигатель работает на газовом топливе, которое имеет стоимость ниже, чем дизельное топливо. Экологические параметры отработавших газов конвертированного дизеля, как правило, выше исходного двигателя. При работе с использованием данного способа обеспечиваются номинальные мощности с незначительным снижением КПД с базовым двигателем. После выполнения конвертации двигатель уже не может больше работать на дизельном топливе.

2. Использование газодизельного режима. В газодизельном режиме в двигатель подают два топлива: основное дизельное (но в меньшем количестве, чем в базовом), дополнительное газовое (топливо для замещения). При этом основное дизельное топливо играет роль «запальной» дозы для воспламенения интегральной газовоздушной топливной смеси. Существенным преимуществом газодизельного цикла является то, что мощность источника зажигания в нем значительно больше, чем в двигателе с искровым зажиганием. Кроме того, рабочая смесь поджигается не в одной точке у холодной стенки, а в центре заряда. Благодаря этому одной из важных особенностей газодизельного процесса является возможность надежной работы двигателя на обедненной рабочей смеси. При использовании данного способа сохраняется возможность быстрого перехода с газового топлива на дизельное и обратно.

У быстроходных дизельных двигателей расход жидкого топлива, используемого для воспламенения и полного сгорания газовоздушной смеси, состав-

ляет 10 – 20 % количества, расходуемого при обычном дизельном процессе. В средне- и малооборотных двигателях требуется лишь 5 – 8 % дизельного топлива для воспламенения. В настоящее время существуют опытные модели двигателей, использующие 1 % пилотного топлива, и ведутся работы по дальнейшему уменьшению его количества. Именно такой способ воспламенения реализован фирмой Wärtsilä в двухтопливном двигателе 20DF, а также двигателях, разработанных фирмой MAN Diesel & Turbo для СЭУ [3] и получивших одобрение классификационных обществ [4].

Полученные данные свидетельствуют о том, что перевод двигателя 8ЧН14/14 на альтернативные виды топлива не приводит к существенному снижению технико-экономических показателей, а учитывая различную цену топлив, может оказаться экономически целесообразным. Дополнительный экономический эффект может быть получен в результате того, что использование газового топлива обеспечивает повышение ресурсных показателей двигателей, так как газ не смывает масляную пленку со стенок гильзы цилиндров, увеличивается срок службы масла из- за пониженного нагарообразования в камере сгорания. По имеющимся статистическим данным, собранным на автомобильном транспорте, наработки ГПД до среднего и капитального ремонта превышают соответствующие периоды для поршневых двигателей, работающих на жидких углеводородных топливах в 1,5 раза.

Для двигателя 8ЧН14/14 с использованием пакета программы Diesel RK Net, был выполнен многовариантный тепловой расчет, результаты которого приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели работы двигателя 8ЧН14/14 при использовании различных видов топлива

Показатель работы двигателя	Вид используемого топлива		
	Дизельное (ГОСТ 305-82)	Природный газ (метан CH_4)	Этанол (C_2H_5OH)
Обороты коленчатого вала, мин	1900		
Степень сжатия	16,5		
Коэффициент избытка воздуха (оптимальный)	1,7	1,0	1,0
Угол опережения впрыска / зажигания (оптимальный), оПКВ	20	15 – 25	10 – 20
Эффективная мощность, кВт	300	300	300
Эффективный крутящий момент, Н·м	1685	1511	1508
Среднее индикаторное давление, МПа	1,617	1,750	1,549
Среднее эффективное давление, МПа	1,406	1,586	1,480
Часовой расход топлива, кг/ч	60	66 (эквивалентно 95,8 м3/ч метана)	73,8
Удельный эффективный расход топлива, г/(кВт·ч)	205	220	246
Индикаторный КПД	0,440	0,443	0,433
Эффективный КПД	0,40	0,382	0,394
Механический КПД	0,875	0,860	0,860

Данные, полученные расчетным путем, подтверждают, что перевод судовых двигателей на газовое топливо снижает отрицательное воздействие СЭУ на окружающую среду, обеспечивая выполнение как существующих, так и перспективных экологических требований Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ 73/78).

Для достижения максимального энергетического и экологического эффекта необходима комплексная модернизация основных систем газопоршневых двигателей: топливоподачи, наддува, охлаждения, автоматического регулирования, обеспечение безопасности судовых энергетических установок с газопоршневыми двигателями. Сокращение затрат, связанных с внедрением газопоршневых двигателей, может быть обеспечено за счет совершенствования проектирования и эксплуатации газопоршневых двигателей и максимального использования инфраструктуры, созданной для наземного транспорта, работающего на газовом топливе.

Для оценки *экологического эффекта* от перевода двигателя 8ЧН14/14 на газовое топливо в программе Diesel RK Net был рассчитан состав продуктов сгорания при использовании различных видов газового топлива и различных составов газовоздушной смеси. Результаты расчетов приведены в табл. 2, где α_c — коэффициент избытка воздуха, обеспечивающий стехиометрический состав смеси; $\alpha_{пр}$ — коэффициент избытка воздуха предельно обедненной смеси, при котором обеспечивается устойчивая работа двигателя; α_{max} — коэффициент избытка воздуха смеси, при котором достигается максимальное среднее индикаторное давление.

Таблица 2

Состав продуктов сгорания при использовании в двигателе 8ЧН14/14 газового топлива

Топливо	Коэффициент избытка воздуха	Мольные доли компонентов отработавших газов						
		H_2	H_2O	N_2	NO_x	CO	CO_2	O_2
Природный газ (метан CH_4)	$\alpha_c = 1{,}0$	–	0,229	0,656	–	–	0,114	0,0009
	$\alpha_{пр} = 1{,}34$	–	0,180	0,685	0,003	–	0,087	0,045
	$\alpha_{max} = 0{,}90$	0,016	0,228	0,633	0,007	0,02	0,102	0,0009
Этанол (C_2H_5OH)	$\alpha_c = 1{,}0$	–	0,308	0,692	–	–	–	0,0003
	$\alpha_{пр} = 1{,}25$	–	0,258	0,715	0,002	–	–	0,0272
	$\alpha_{max} = 0{,}95$	0,001	0,310	0,686	–	–	–	0,0003

Результаты численных экспериментов, стендовых испытаний ГПД и опыт, накопленный при их эксплуатации, свидетельствует о том, что использование газового топлива приводит к изменению протекания рабочего цикла, перераспределению составляющих теплового баланса, изменению температур отработавших газов и охлаждающей жидкости. Как правило, переход на газовое топливо приводит к росту температуры отработавших газов и понижению температуры охлаждающей жидкости. Именно поэтому перевод двигателя на газовое топливо не должен ограничиваться модернизацией его топливной системы [5].

Для получения максимального энерго-экологического эффекта от внедрения ГПД в СЭУ необходимо определить оптимальные для них параметры наддува и охлаждения, провести модернизацию этих систем, в том числе с использованием технических решений, приведенных в работе, и обеспечить автоматическое регулирование параметров охлаждения и наддува ГПД.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие *выводы.*

1. Использование ГПД в составе СЭУ целесообразно как с энергетической, так и экологической точки зрения.
2. Максимальный энергоэкологический эффект от перехода на газовое топливо возможен при комплексной модернизации систем топливоподачи, охлаждения, наддува и автоматического регулирования ГПД.
3. Определение оптимальных параметров наддува и охлаждения при переходе на газовое топливо требует дополнительных исследований.
4. Использование ГПД в составе СЭУ требует повышенного внимания к обеспечению взрыво - и пожаробезопасности.
5. Для снижения затрат, связанных с внедрением ГПД на водном транспорте, необходимо совершенствование методологии проектирования судов различного назначения (газовозы, буксиры, пассажирские) с комбинированными энергетическими установками, что позволит ускорить процесс модернизации существующих и строительства новых судов, работающих на газомоторном топливе, отвечающим всем современным требованиям.
6. Внедрение газа на речном флоте следует рассматривать как одну из важнейших государственных задач, направленных на повышение экономической эффективности эксплуатации судов и обеспечение экологической безопасности. При этом наиболее рациональным следует считать переоборудование выпускаемых дизелей для работы на газовом топливе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев Д. М. Суда на природном газе: опыт эксплуатации и перспективы развития / Д. М. Киселев, В. К. Новиков, В. В. Попов, К. И. Федин, И. В. Маслов // Речной транспорт (XXI век). — 2013. — № 3 (62). — С. 62–64.
2. Жуков В. А. Перспективы конвертации автомобильных двигателей в судовые в аспекте экологических нормативов / В. А. Жуков, М. С. Курин // Труды 11-й Международной конференции «Актуальные проблемы современной науки». — Ч. 3. Механика и машиностроение. — Самара: Изд-во СамГТУ, 2010. — С. 41–45.
3. Жуков В. А. Модернизация системы охлаждения дизеля 8ЧН14/14 для его использования в составе судовой энергетической установки / В. А. Жуков, А. Е. Ратнов // Двигатели внутреннего сгорания. — 2012. — № 2. — С. 59–64.
4. Безюков О. К. Анализ перспективности газопоршневых ДВС / О. К. Безюков, В. А. Жуков, О. И. Ященко // Двигатели внутреннего сгорания. — 2014. — № 2. — С. 45–51.

5. Безюков О. К. Экономические аспекты перевода флота на газомоторное топливо / О. К. Безюков, В. А. Жуков // Актуальные проблемы экономики и управления на водном транспорте: материалы науч.- практ. конф. — СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2014. — С. 31–34.

УДК 621.434.- 038/039

Дулдієр О.П.
Національний університет «Одеська морська академія»

Моніторинг енергоефективності суднових допоміжних енергетичних установок

Європейська федерація з питань транспорту й захисту навколишнього середовища (T&E, European Federation for Transport and Environment) пропонує ввести механізм контролю споживання палива, повідомляє World Maritime News, що може побічно сприяти скороченню викидів із суден вуглекислого газу і зменшення споживаного палива [1].

Неконтрольовані викиди парникових газів в морському судноплавстві з 1.01.13р. регулюються поправкою до Додатку VI МАРПОЛ, яка, в відповідності з Резолюцією ИМО МЕРС.203(62), ставить обмеження по показнику енергоефективності для кожного судна.

Для оцінки енергоефективності в умовах експлуатації передбачається кількісний моніторинг по прийнятому міжнародному стандарту. Використання систем моніторингу на судах і портовій інфраструктурі є обов'язковою умовою експлуатації [2].

Моніторинг енергоефективності по прийнятому міжнародному стандарту являє собою регулярний збір та аналіз інформації про рівень і динаміку показників енергоефективності на окремих підприємствах, в галузях промисловості або на конкретних територіях. Моніторинг енергоефективності особливо актуальний для морських суден з великим строком експлуатації, оскільки рівень їх енергоефективності в цілому і окремих елементів в кілька разів нижча, ніж у знову збудованих.

Цей стандарт враховує різні засоби виміру енергоэфективності елементів суднових енергетичних установок.

В стандарті також передбачено застосування дій, які направлені на удосконалення методів и технологій для підвищення енергоефективності СЕУ суден і концепція використання яких на поточній стадії ще остаточно не визначена.

Одним з елементів СЕУ є котлові установки, емісія вуглекислого газу CO_2 и продуктів неповного горіння яких складає 25-40% від загальних, і вплив яких на показники енергоефективності судна в цілому достатньо значний.

Як наслідок, необхідно вирішувати задачі, які пов’язані з енергоэфективністю котлових установок.

Для визначення енергоэфективності суднових котлів необхідно оцінювати весь можливий робочий діапазон їх режимів. При умові безперервної їх екс-

плуатації встановлюють показники енергоефективності в допустимих інтервалах зміни навантажень і корисної потужності.

Для котлових установок періодичної дії встановлюються показники на ряд окремих процесів і стану, які охоплюють усі режими експлуатації. При цьому в якості технічного нормативу встановлюються гранично допустимі значення енергоефективності не для всіх, а для найбільш вірогідних умов експлуатації або умов, найбільш повно характеризують експлуатаційні властивості суднової котельної установки. В якості таких умов можуть бути один або кілька режимів експлуатації. Для суднових котлів - це значення ККД в залежності від корисної теплової потужності.

Технічні нормативи по витраті палива і енергії встановлюються із зазначенням вимог до допустимих меж зміни нормованих значень показників за період нормальної експлуатації котлів.

При цьому зниження ККД в процесі нормальної експлуатації протягом міжремонтного періоду має бути не більше 3% щодо початкового значення.

Існують наступні форми оцінки технічних показників енергоефективності по витраті палива або теплової енергії:

- у вигляді числових значень показників;
- у вигляді таблиць числових значень;
- у вигляді графічних залежностей числових значень показників;
- у вигляді функціональних або інших залежностей, виражених аналітичними або іншими формулами.

При цьому показники енергоефективності задають у вигляді абсолютних або питомих значень втрат енергії.

Питомі показники ефективності передачі енергії являють собою відношення абсолютних значень втрат енергії до характерних параметрів системи.

В якості характерних параметрів використовують:

- повнота використання палива (енергоносія);
- вихідний енергетичний потенціал (вихідні параметри палива);
- розмірні характеристики перетворення енергії.

Абсолютні значення показників енергоефективності характеризують витрати палива та енергії на основні та допоміжні технологічні процеси. Вони виражаються в абсолютних значеннях витрат енергоресурсів.

У загальному випадку поняття "енергоефективність" залежно від ступеня інтеграції з різних аспектів розгляду можна класифікувати по:

а) групам однорідного перетворення енергії;

б) виду використовуваних енергоресурсів (енергоносіїв).

в) методам визначення показників:

- розрахунково-аналітичний,
- дослідно-експериментальний,
- статистичний,
- приладовий,
- змішаний.

Розрахунково-аналітичний метод заснований на методиці визначення розрахункових значень показників при проектуванні.

Дослідно-експериментальний метод ґрунтується на даних спеціально організованих теплотехнічних випробувань з типовими установками та проведенням спеціальних вимірювань характеристик для оцінки показників енергоефективності.

Статистичний метод заснований на обробці статистичних даних за показниками енергоефективності заданої серії суден, обраної в якості прототипу.

Приладовий метод заснований на проведенні спеціальних випробувань і вимірювань фактичних значень показників енергоефективності.

Змішаний метод являє собою комбінацію двох або більшого числа перерахованих вище методів;

а) області використання:

- прогнозовані показники,
- плановані показники,
- фактичні показники;

б) рівню інтегрованості розглянутого об'єкта.

Кількісна оцінка енергоефективності суднових котлових установок заснована на оцінці їх ККД і в умовах експлуатації залежить від:

енергетичного балансу елементів установок, що виробляють теплову енергію;

оптимальності режимів технологічних процесів, що визначають їх ефективність;

ККД окремих контурів, і зокрема, контуру спалювання палива;

досконалості управління процесами з використанням ефективних технічних засобів забезпечення ведення процесів в найбільш оптимальному режимі.

Одним з методів оцінки енергетичної ефективності котельних установок є метод, заснований на визначенні коефіцієнта повноти спалювання палива в топковому пристрої

$$\eta_c = \frac{Q_к}{Q_н^p G_m},$$

який враховує вплив на процес співвідношення витрат палива та повітря, стійкість процесу горіння, якість процесів змішування палива з повітрям і продуктів згоряння в межах топкової зони, теплові втрати в межах топкового простору.

Досягнення максимального значення коефіцієнта повноти спалювання палива за кількістю виділеної (корисно використаної енергії) або споживаного палива при його заданої теплотворної здатності може оцінюватися по:

інтенсивності тепла, виділеної при горінні (при заданій величині енергії палива) і визначає абсолютний максимум енергоефективності q_2;

витраті енергії q_1, що міститься в паливі, при заданому навантаженні, яка відповідає мінімуму її питомого значення.

Для реалізації системи моніторингу по вище наведеним показникам ефективності передачі енергії в суднових парових котлах і її використання необхідно створити таку модель енергоефективності котла, яка була б наповнена да-

ними, зібраними за весь інтервал роботи котла, а також мала б необхідну інформацію про поточний топкового обладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. http://mortrans.info/analytics/te-predlagaet-proekt-monitoringa-energoeffektivnosti-sudov/
2. Горб С.И. Новые правила энергоэффективности для судов Порты Украины,
3. №1 2013. https://ports.com.ua/articles/archive/novye-pravila-energoeffektivnosti-dlya-sudov

УДК 621.431.74

Лалетін Є.Л.
Національний університет «Одеська морська академія»

Статистичні методи дослідження надійності суднових дизелів

Основні напрямки науково-технічного прогресу в області суднобудування пов'язані з безперервним збільшенням складності елементів суднової енергетичної установки, викликаною інтенсифікацією й ускладненням виконуючих функцій. Зростає енергооснащеність суднового встаткування, швидкість виконання їм необхідних операцій, рівень його автоматизації, тому процес створення суднових механізмів, зокрема дизелів, безупинно пов'язаний з підвищенням їх надійності і якості. Надійність — властивість об'єкта зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання й транспортування. Під якістю розуміється сукупність властивостей машини, що визначають ступінь її придатності до виконання заданих функцій при використанні по призначенню. До основних якісних властивостях суднових механізмів ставляться: вантажопідйомність, продуктивність, надійність, паливна економічність, динамічність, комфортабельність і ін. Як бачимо, надійність є компонентом якості. Більшість якісних властивостей дизелів погіршується в процесі експлуатації. Пояснюється це, насамперед тим, що їх елементи, які зв'язані між собою нерухливими й рухливими з'єднаннями у вигляді різних кінематичних пар, виконують необхідні переміщення й випробовують змінні зовнішні й внутрішні навантаження. Швидкість переміщень і величини зовнішніх навантажень у сучасних дизелях постійно зростає. Відповідно, ростуть амплітуди й частоти змінних напруг у небезпечних перетинах деталей. Це приводить до утоми матеріалів, виникненню утомлених тріщин і до утомлених відмов.. Крім того, суднові дизелі і їх деталі працюють у різних умовах фізичного тертя, що викликає зношування тертьових поверхонь кінематичних пар підшипників, шийок валів і ін. Усе це скорочує термін служби й викликає згодом відмови суднових дизелів і їх елементів. Крім того, на загальний технічний стан суднового дизеля (його агрегатів, систем, деталей), а отже й на його надійність і ефективність роботи впливає ряд випадкових факторів. Випадкові впливи є домінуючими. Наприклад, випа-

дковими можуть бути якість, трудомісткість і періодичність технічного обслуговування або ремонту, режим роботи дизелів, якість пально-мастильних матеріалів, кліматичні умови, мінливість механічних властивостей матеріалів деталей дизеля і ін..

У таблиці 1 наведено результати дослідження відмов суднових двигунів внутрішнього згоряння (СДВЗ) всіх типів по даним шведського страхового суспільства “Swedish Club”, [1] .

Таблица 1 – Кількість відмов вузлів і деталів суднових дизелів

Відмови вузлів і деталів СДВЗ	Кількість відмов	Відносна кількість відмов, %
Газотурбокомпресори	84	36,2
Колінчаті вали, шатуни	23	9,9
Втулки циліндрів	17	7,3
Остов і блоки циліндрів, анкерні зв'язки	17	7,3
Шейки валів, підшипники	15	6,5
Паливні насоси, передачі	12	5.2
Розподільні вали, кулачки й кулачкові муфти	10	4,3
Поршні, штоки поршнів	9	3,9
Відмови інших конструктивних вузлів	45	19,4
Усього	232	100

Як бачимо, до найбільше частіше виходячих з ладу елементів дизелів ставляться дорогі деталі й вузли, зниження надійності яких приводить до непланових трудомістких ремонтів і змушених зупинкам судна, що обумовлює великі економічні втрати. Для попередження відмов і несправностей необхідно знати причини й механізми їх виникнення, а також їх вплив на надійність (працездатність) дизеля в цілому.

На практиці виникає завдання, як без розкриття впливу кожного випадкового фактора окремо спрогнозувати показники надійності дизелів, імовірність відмови їх агрегатів, вузлів і деталей у процесі експлуатації, визначити потребу в поточному й капітальному ремонті, тобто виявити об'єктивні закономірності й тенденції, які виниклі при їхній експлуатації. Згодом, використовуючи ці закономірності, можна підвищувати ефективність роботи дизелів, забезпечувати їхню надійність, безпеку й екологічність при експлуатації. Крім цього необхідно знати прогноз потреби в матеріалах, оборотних агрегатах і запасних частинах, обсяги виконуваних ремонтних робіт, що дозволяє знижувати витрати на технічне обслуговування й ремонт дизелів. Ці й інші завдання можна вирішувати за допомогою математичного апарату теорії ймовірностей, статистичних методів досліджень, теорії надійності й діагностики.

Теорія надійності вивчає процеси старіння машин і їх механізмів, тобто закономірності зміни показників їх якості в часі (наробітку). У свою чергу, діагностика - це галузь знань, що вивчає форми прояви технічних станів, методи й засоби виявлення несправностей і прогнозування показників надійності машин і їх механізмів без розбирання. Теорія надійності й діагностика доповнюють один одного. Діагностика є джерелом даних для теорії надійності, на основі яких дається оцінка показників якості виробу. Теорія надійності машин дає за-

гальні методи, що дозволяють на основі достатньої статистичної інформації визначити ймовірність виникнення відмов наприклад у групі однотипних дизелів, без вказівки того, як буде поводитися окремий двигун. Методи й прилади технічної діагностики, у свою чергу, дозволяють визначити технічний стан конкретної машини й реалізувати потенційну надійність, закладену в кожному виробі.

Для визначення кількісних показників (характеристик) надійності використовується статистичний метод досліджень, а в якості математичного апарата - теорія ймовірностей. Даний метод припускає наступний алгоритм:

- формується завдання із вказівкою обсягів досліджень і контрольних параметрів;
- визначається необхідний обсяг вибірки з генеральної сукупності (кількість контрольованих об'єктів);
- складається методика виміру контрольованих параметрів або збору вихідної інформації;
- вибираються засоби виміру й проводяться виміри (збір інформації);
- проводиться обробка статистичних даних і визначаються характеристики (параметри) емпіричного розподілу;
- виявляються грубі помилки (промахи) спостережень;
- проводиться перевірка правдоподібності прийнятої гіпотези про відповідність експериментальних даних прийнятому теоретичному закону (нормальний, Вейбулла, показовий або ін.);
- виходячи з умови завдання, складається прогноз і вирішуються конкретні експлуатаційні проблеми.

По суті, на основі вивчення закономірностей зміни технічного стану дизелів під впливом випадкових факторів у процесі експлуатації, можна розробляти й застосовувати науково обґрунтовані системи (стратегії) підтримки дизелів у технічно справному стані, тобто управляти їхньою працездатністю, реалізовувати потенційні властивості дизеля, закладені при його виробництві, знижувати експлуатаційні витрати (на утримку, технічне обслуговування й ремонт), підвищувати експлуатаційну надійність їх агрегатів, вузлів, систем і деталей і зменшувати відповідно вимушені простої, забезпечувати ефективність роботи судна в цілому.

Залежно від поставленої мети можуть вирішуватися певні завдання дослідження надійності дизелів (наприклад представлені нижче перше й друге завдання).

Перше завдання.

Використовуючи статистичний метод дослідження зноса деталів, що надходять у ремонт, виконати прогноз обсягу відбудовних робіт і потреби в запасних частинах. Для цього за результатами вимірів параметрів деталів необхідно виконати представлені нижче етапи статистичного дослідження.

1. Перевірити достатність обсягу обстежуваних деталів або агрегатів (представництво вибірки).

2. Побудувати таблицю із вказівкою частостей (або частот) влучення обмірюваних значень досліджуваного параметру в інтервали, на які ми розбиваємо весь діапазон його зміни**.**

3. Визначити характеристики емпіричного розподілу вибірки.

4. Виявити грубі помилки (промахи) вимірів, виключити їх з обсягу обстежуваних деталей.

5. Провести перевірку гіпотези про випадковість вибірки.

6. Підібрати теоретичний закон, що апроксимує експериментальні дані. Побудувати гістограму розподілу досліджуваних даних і криву теоретичного закону, що описує їх.

7. Перевірити за критерієм згоди гіпотезу про походження експериментальних даних обраному теоретичному закону.

8. Визначити довіруючий інтервал розкиду середнього результату вимірюваної величини при заданому рівні значимості.

9. Визначити частку придатних і відновлюваних деталей, а також необхідну кількість запасних частин.

Друге завдання.

Використовуючи інформацію про наробітки дизелів між відмовами (агрегатів, вузлів, деталей) до стану, що цікавить нас (до поточного технічного обслуговування, до поточного або капітального ремонту), визначити закон їх розподілу, спрогнозувати обсяг, періодичність або трудомісткість технічного обслуговування й ремонту, побудувати криву відмови виробу.

Для цього спочатку необхідно виконати пп. 1-7 першого завдання, а потім:

- побудувати криву відмов дизеля (агрегату, вузла, деталі);

- визначити частку дизелів, що відмовили (агрегатів, вузлів, деталей) при заданому наробітку, трудомісткість або періодичність технічного обслуговування (ремонту) відповідно до поставленого завдання.

Наданий вище алгоритм можна використовувати не тільки для визначення й аналізу показників надійності дизелів але й для інших суднових механізмів.

Викладені статистичні методи розрахунків надійності суднових механізмів дозволяють підвищити вірогідність одержуваних результатів і в такий спосіб об’єктивно планувати заходи щодо підвищення ефективності експлуатації суднового встаткування, зниженню собівартості його технічного обслуговування й ремонту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.Калугин В.Н. – Анализ надежности судовых дизелей. с.129-134. Научно-технический сборник “Судовые энергетические установки”, вып.32.-Одесса: ОНМА, 2014. – 203 с.

2. Смирнов Н.В.,Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятности и математической статистики для технических приложений.- М.:Статистика, 1969.- 512 с.

3.Гаврилов В.С., Гальперин М.М. Управление технической эксплуатацией морского флота. – М.: Транспорт, 1987. – 300 с.

4. Main engine damage update (1998-2004) // The Swedish Club's highlights. Gotenborg, -Sweden, 2005.-September.- 8p.

УДК 621.431.7.011 – 185.3

Шліхта О. М. Кардаш В. П.
Національний університет «Одеська Морська Академія»

Підвищення енергоефективності робочого процесу суднового двигуна

Інтенсивний розвиток світового судноплавства призвів до будівництва флоту великої вантажопідємності з потужними енергетичними установками (малопотужні - до 73.5кВт, середньої потужності - 73.5 ... 735кВт, надпотужні - понад 735кВт). Експлуатація такого флоту супроводжується зростанням негативного впливу на навколишнє середовище.

За даними експертів Lloyd's Marine Intelligence, 75% товарів в світі перевозить торговий флот, що налічує понад 50 тисяч суден загальною вантажопідємністю близько 1,4 млрд. тонн. Негативний вплив водного транспорту на атмосферне повітря особливо в портах, прибережних районах також має місце.

Важливість вирішення завдань захисту атмосфери від шкідливих викидів морських суден визначається тим, що забруднення від сучасних суднових дизелів складають найбільш істотну частку, в основному за рахунок діоксиду сірки, азоту та вуглецю, незгорілих компонентів палива, твердих частинок (сажа). Найбільшої екологічної шкоди від викидів шкідливих речовин, що утворюються в камері згоряння (КЗ) дизеля, доводиться на оксиди азоту (NOx), які представлені наступним рядом: NO, NO_2,N_2O, N_2O_3, N_2O_4, N_2O_5.

При цьому встановлено, що з усіх NOx, що містяться у відпрацьованих газах (ВГ), на частку NO в дизелях доводиться 95-98%. Причому сорт палива, що спалюється не робить істотного впливу на утворення NOx в КЗ. З оксидів азоту NOx 80 - 90% припадає на монооксид азоту NO та 10-20% на діоксид азоту NO_2. Зміст інших газоподібних оксидів азоту в ВГ мізерно малий [1-3].

У питаннях викиду ВГ у судноплавстві діє міжнародна конвенція МАРПОЛ 73/78, Додаток VI і технічний кодекс по NOx [4,5]. Конвенція MARPOL також визначає географічні зони дії обмежень на викиди (Emission Control Areas - ECAs).

В даний час встановлено три види утворення NOx в вихлопних газах двигунів:

- теплової механізм, або високотемпературний механізм Зельдовича;
- «швидкий» механізм, званий також хімічним;
- механізм, пов'язаний з утворенням NOx з азотовмісних компонентів палива.

Групою вчених на чолі з Я.Б. Зельдовичем в сорокові роки минулого століття був проведений ряд експериментів по доведенню термічної природи реакції оксидації азоту і обчислення абсолютних значень швидкостей утворення і

розпаду NO. В ході досліджень було виявлено, що обчислені абсолютні реакції не узгоджуються з припущенням про молекулярний механізм реакції:

$N_2 + O_2 \rightarrow 2NO.$ (1)

В результаті був вивчений ланцюговий механізм окислення азоту, який складається з двох оборотних реакцій, запропонований М.М. Семеновим:

$O + N_2 \leftrightarrow NO + N - 196500Дж$ (2)

$N + O_2 \leftrightarrow NO + O + 16720Дж$ (3)

Даний механізм відомий в науково-технічній літературі як класичний механізм Зельдовича. Пізніше класичний механізм був доповнений за рахунок реакції і отримав назву «розширений»

$N + OH \leftrightarrow NO + H$. (4)

Реакція утворення «швидкого» NOx носить більш складний характер у порівнянні з термічним NO за рахунок тісного зв'язку з утворенням CH.

Вперше утворення швидкого NO описав C.P. Fenimore [6]. Головною особливістю цього механізму є швидке утворення атомів N.

Швидкість утворення NOx обумовлюється швидкістю реакції між молекулою азоту N_2 і проміжним радикалом CH. Наслідком даної реакції є ціанисто-воднева кислота HCH, що вступає в реакцію з радикалом N. У результаті кислота дуже швидко утворює NO:

$CH + N_2 \leftrightarrow HCH + N$ (5)

$N + OH \leftrightarrow NO + H$ (6)

$N + O \leftrightarrow NO + O$. (7)

Порівнюючи швидкості реакцій з класичним механізмом Зельдовича і швидкість утворення атомів N за допомогою радикала CH відзначається, що в останньому випадку вона вище. Саме звідси і походить назва «швидкий» NO. Перед виникненням радикала CH утворюється етін (ацетилен C_2H_2), що утворюється у фронті полум'я тільки за умови багатої суміші. З огляду на порівняно невисоку енергію активації утворення «швидкого» оксиду відбувається вже при температурі T> 1OOOK. У різній літературі фігурують різні значення константи швидкості Kv реакції (5). Внаслідок цього розрахунок «швидкого» NO в порівнянні з термічним NO характеризується меншою вірогідністю.

Існують і інші припущення утворення «швидкого» NO. P.C. Matle і D.T.Pratt описують механізм, відповідно до якого «швидкий» NO утворюється з N_2O. Вони стверджують, що при T <2000 K оксиду азоту з N_2O утворюється більше, ніж за механізмом Зельдовича [8].

Порівнюючи реакції Реттоге (5) і Зельдовича (2) можна зробити висновок, що утворення «швидкого» NO, на відміну від термічного NO, порівняно мало залежить від температури, починається при більш низьких температурах і набагато сильніше залежить від локальних концентрацій палива, тобто локального коефіцієнта надлишку повітря. Від останнього істотно залежить поява радикала CH і синильної кислоти HCN. Паливні NOx утворюються при окисленні азотовмісних речовин, присутніх в паливі в зоні факела. Концентрація паливних оксидів може досягати значних розмірів, якщо вміст у паливі азотовмісних речовин перевищує 0,1% від ваги [9].

Швидкість його утворення характеризується швидкістю реакцій (4) і (2). Перетворення азоту палива в оксид азоту (NOx) при згорянні в поршневих двигунах майже не має значення, оскільки паливо для подібних двигунів майже не має в своєму складі пов'язаного азоту. Методи зниження викидів NOx поділяються на 2 групи. Перша група зниження викидів NOx заснована на зменшенні температури в зонах горіння палива. Оскільки температура є основним фактором при утворенні NOx, то цей метод досить ефективний. Найвідоміший це регулювання подачі палива і зміна системи упорскування палива. Цим методом користуються великі двигунобудівні компанії такі як MAN B & W і SULZER виготовленням двигунів з електронним управлінням і уприскуванням.

Друга група заснована на хімічній нейтралізації NOx перед випуском відпрацьованих газів в атмосферу.

Найбільшого поширення на суднах морського флоту отримали методи зниження викиду NOx, засновані на зволоженні повітряного заряду. Застосування гомогенізації палива і води дозволяє знизити вміст NOx на 30-50%.

Іншим напрямком в другій групі методів зниження викидів NOx є рециркуляція відпрацьованих газів. Ефективність методу досягає до 98% зниження викидів NOx.

З досліджень, проведених університетом Мічігану (США) випливає, що достатнього підвищення (10%) вихідних характеристик ДВЗ можна досягти в результаті відносно невеликого підвищення концентрації кисню в надувному повітрі (до 23%). При концентрації кисню в наддувному 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 середнього ефективного тиску і зниженням питомої ефективної витрати палива до 15%. Очікуване збільшення термічного ККД викликано більш високою швидкістю горіння, особливо під час фази дифузії. Однак, незважаючи на переваги використання збагаченого киснем повітря, збільшуються викиди NOx в 3-5 разів [10].

Вивчивши інформацію про існуючі методи зниження шкідливих викидів, вимоги МАРПОЛ до викидів і хімію шкідливих речовин пропонуємо наступний метод.

NOx збільшується при наявності в продуктах згоряння вільного кисню, тобто в міру збідніння суміші і залежить від температури газового середовища. Швидкість утворення і час досягнення рівноважної концентрації NOx залежать експоненціально від температури в зоні хімічних реакцій. Концентрація NOx залежить також в ступені 0,5 від концентрації реагуючих компонентів N (азот) і O_2 (кисень) і лінійно від часу перебування продуктів згоряння в зоні високих температур. Механізм реакції зумовлює залежність виходу окислів азоту від концентрації молекулярного азоту. При спалюванні палив розглядається зниження температурного рівня і зменшення коефіцієнта надлишку повітря [11]. Зменшення викидів сполук азоту пов'язано з певними труднощами, так як умови їх зниження збігаються з умовами утворення шкідливих продуктів не-

повного згоряння і навпаки. Якщо утворення продуктів неповного згоряння палива визначається в цілому недосконалістю процесу згоряння, то виникнення NOx - його досконалістю, з точки зору ефективності використання енергії палива. Чим вище максимальна температура циклу, тим вище його коефіцієнт корисної дії і тим більше утворюється NOx.

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 3.) 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.

На Рис. 1 показана індикаторна діаграма знята в реальному часі з двигуна Doosan MAN Diesel 5S65 ME – C 8.1 Tier II під час 80% від номінальної потужності.

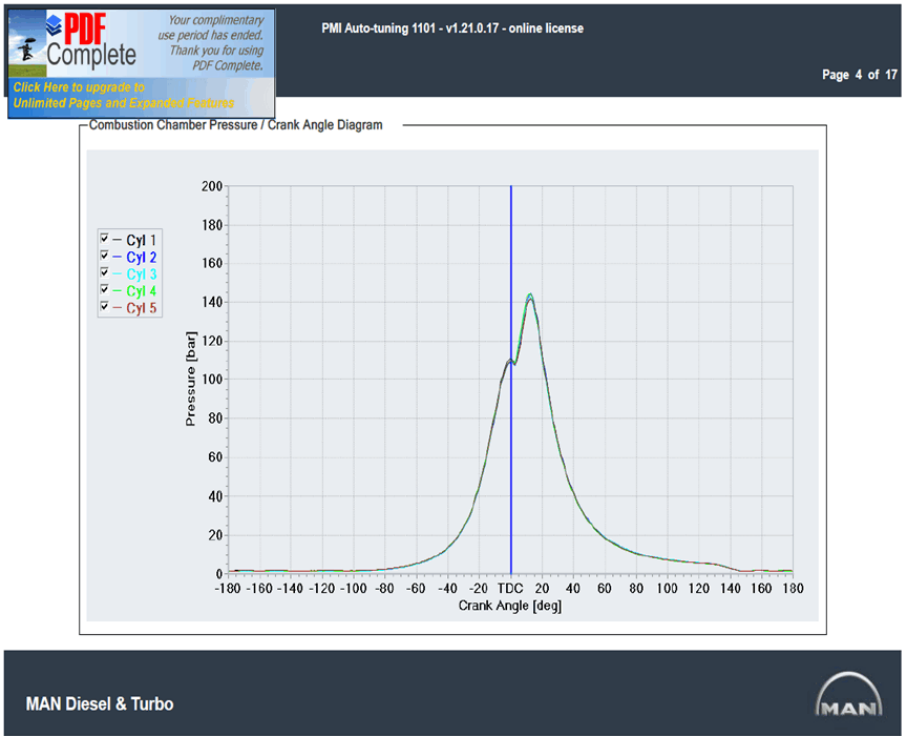


Рис. 1 Розгорнута індикаторна діаграма робочого процесу двигуна Doosan MAN B&W 5S65 ME- C 8.1 Tier II знята при 80% потужності.

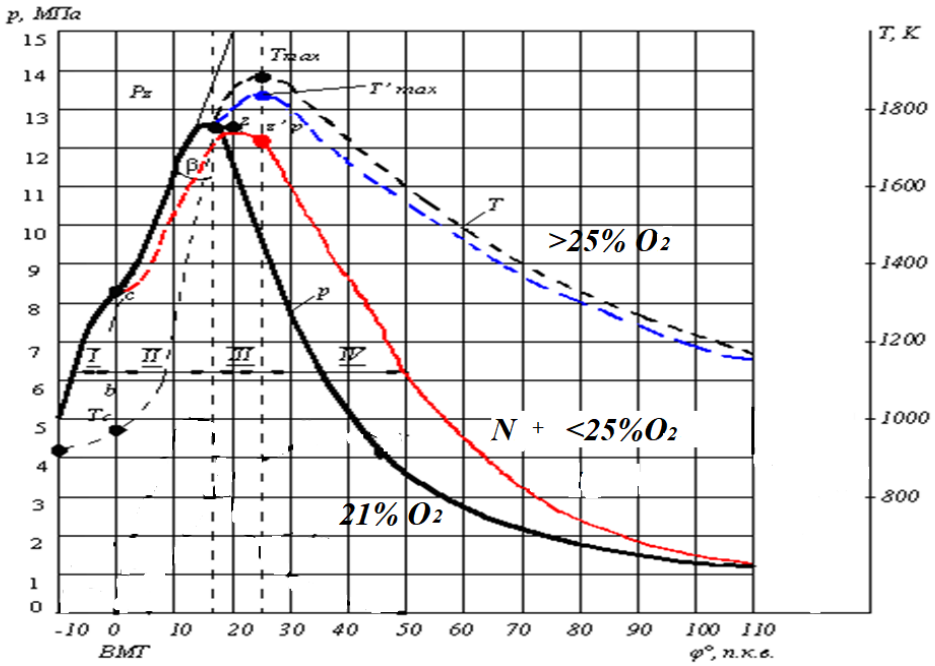


Рис 2 .Індикаторна діаграма роботи суднового двигуна з додаванням азоту та збагаченого киснем повітря.

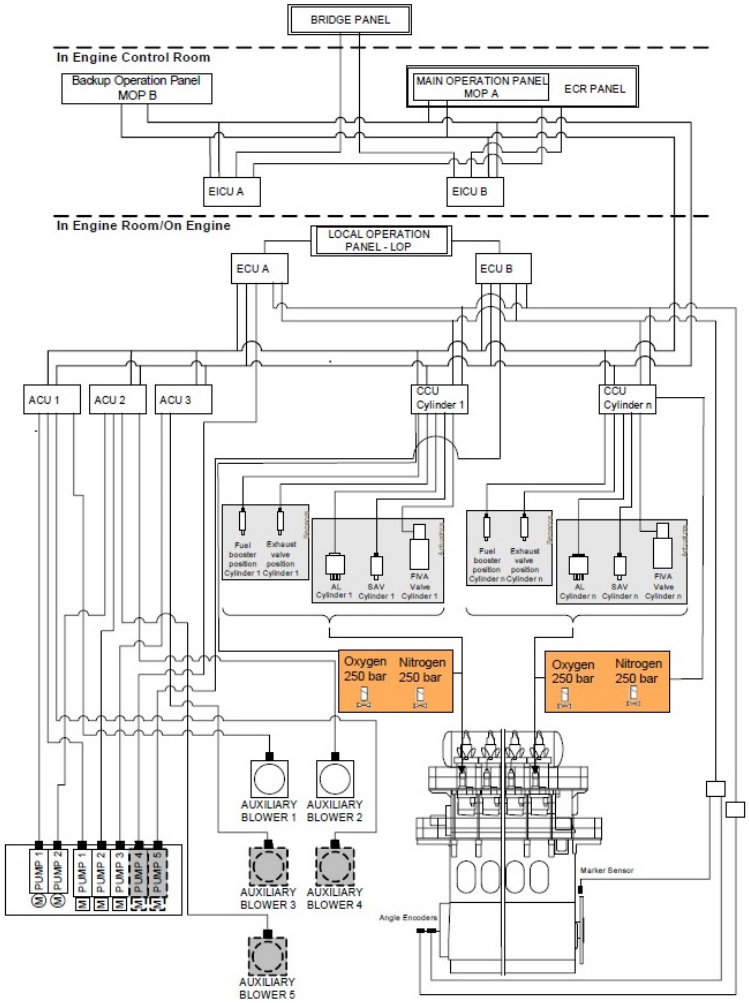


Рис. 3 Схема впровадження пропонованої установки в систему управління двигуном.

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.

Більш висока циліндрова потужність при тому ж, або незначно більшому максимальному тиску в циліндрі, а також істотне зниження шкідливих викидів і збільшення якості згоряння палива є очевидною перевагою використання азоту і збагаченого киснем повітря в порівнянні з іншими методами збільшення потужності і методами дотримання вимог МАРПОЛ. Оскільки необхідні зміни в системі наддуву двигуна не становить складності, дана схема установки може бути застосована в складі енергетичної установки (Рис. 3).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пронин Е.Н. Использование сжиженного природного газа на водном транспорте: Санкт-Петербург. – Наука. – 2016. – С. 3-8.
2. Высоцкий С.П., Широких К.С., Байчоров А.А. Выбор технологии денитрификации дымовых газов. Вести Автомобильно-дорожного института: научно-производственный сборник. – 2013. – №2(17). – С. 3-8.
3. Альфредович В.В. Токсичность двигателей внутреннего сгорания: метод. пособие. – Минск. – БНТУ. – 2016. – С. 54.
4. Додаток II конвенції Марпол 73/78 про «Правила запобігання забрудненння шкідливими речовинами , які перевозяться наливом» .
5. Приложение к Резолюции МЕРС 177(58): Технический кодекс по выбросам окислов азота от судовых дизельных двигателей. – 1997. –С.10.
6. 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.
7. Варнату Ю., Маас У., Диббл Р. Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ. М.: Физматлит. – 2006. – 352 с.
8. 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.
9. Оукнев В.Н. Перспективные технологии нейтрализации оксидов азота в отработавших газах энергетических установок: Работы II Межд. научно-тех. семинара// «Использование, проектирование и эксплуатация судовых дизелей внутреннего сгорания». – 2007// – СПб – ИПУ СПТУВК – 2008. – С. 245-250.
10. 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 P, №1.
11. Промтов М.А. Анализ методов снижения вредных веществ в отработанных газах судовых дизелей: автореферат. – ТГТУ. – 2012. – С. 3-9.
12. 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. – С. 259-265.
13. Самсонов В.И., Худов Н.И. Двигатели внутреннего сгорания морских судов: учебник для высших учебных заведений – 2-е издание. М.: Транспорт . – 1990. – 368 с.
14. Doosan MAN Instruction Manual Vol. 1 Plate 70317 Page 1(1).
15. Doosan MAN PMI Auto- tuning 1101 –v1.21.017. Engine performance.

УДК.621.564.

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

Ефективність застосування рекуперативних процесів проміжного тиску в холодильних циклах

Рекуперативні процеси, які базуються на процесах внутрішнього теплообміну між енергетичними потоками застосовуються , як правило , в холодильних циклах невеликої з метою підвищення експлуатаційних показників та надійності роботи холодильних машин

Але в залежності від термодинамічних параметрів холодильного циклу і властивостей холодильного агента, рекуперативні процеси можуть обумовлювати суттєве підвищення кінцевої температури стиснення пари (температури нагнітання), що обумовлює зростання роботи циклу, зниження енергетичних характеристики машини і експлуатаційних характеристик мастила. Тому температури нагнітання для більшості холодильних агентів є обмеженими..

Підвищення температури кінця стиснення, як відомо, може обумовлюватися також зростанням температури зовнішнього середовища , підвищеним перегрівом пари при всмоктуванні холодоагенту, погіршенням технічного стану компресорного устаткування або попаданням в циркуляційний холодильний контур повітря та інших домішок.

З метою зниження температури нагнітання при застосуванні рекуперативних процесів рядом фірм запропоновані установки в яких одночасно застосовується принцип рекуперативного теплообміну між рідиною високого тиску та парою проміжного тиску з уприскуванням її в компресор. Схема холодильної машини з рекуперативним теплообмінником (РТО) проміжного тиску фірми Copeland [2] і відповідний холодильний цикл показані на рис. 1.

Конструктивно така схема технічно найбільш просто реалізується в спіральних компресорах, які комплектується спеціальними патрубками для вприскування пари в РТО. Частина холодильного агенту високого тиску ΔG після конденсатору (або РТО) направляється до регулюючого вентилю де відбувається дроселювання до проміжного тиску P_{01}. В РТО відбувається рекуперативний теплообмін між основним потоком рідини високого тиску G та вологою парою ΔG, що обумовлює переохолодження рідини (процес 7-6) за рахунок процесу випаровування (8-5). Пара проміжного тиску всмоктується компресо-

ром де змішується з основним потоком (процес 5-2), стискається та направляється до конденсатору.

Таким чином умовно реалізується схема двоступеневого стиснення, що забезпечує зниження температури стиснення холодильного агенту (температури нагнітання), додаткове переохолодження холодоагенту та збільшення рівню заповнення випарника рідиною Але при цьому має місце додаткова затрата роботи в компресорі в наслідок збільшення масової витрати на ΔG .

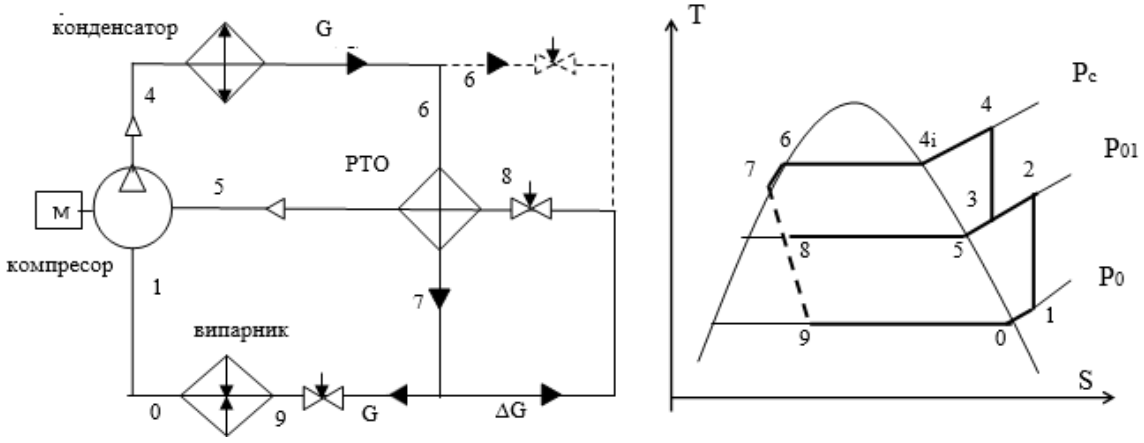


Рис. 1. Схема та цикл холодильної машини з РТО проміжного тиску.

Виробники рекомендують[2], що для оптимальної роботи РТО необхідно проводити відбір рідкого холодоагенту з основного потоку рідини (ΔG) після конденсаторів з водяним відводом теплоти . При цьому забезпечується мінімальне переохолодження холодоагенту в конденсаторі, яке необхідне для стійкої роботи ТРВ, оскільки гарантує відсутність пари на вході в ТРВ, що обумовлює стабільну роботу вентиля. Такий варіант включення РТО для циклів з водяними конденсаторами показано пунктиром.

При реалізації циклів з повітряними конденсаторами доцільно подавати на ТРВ рідину високого тиску після РТО, що до того ж обумовлює зниження її кількості за рахунок зменшення баластної пари після дроселювання.

Аналіз холодильної машини з таким типом РТО виконувався на базі теоретичного циклу [3] з різною кількістю холодильного агенту проміжного циклу ΔG =0,1G та ΔG=0,15G , при різних температурах кипіння холодильного агенту та температурах конденсації 30°С і 40°С для холодильних агентів R404 A та R410 A. об'єм

Визначення параметрів в вузлових точках циклу та термодинамічний аналіз виконувався при використанні відповідних комп'ютерних програм за наступними рекомендаціями [2]:

- параметри рідини після переохолодження в РТО визначаються із рівняння його енергетичного балансу.

$$\Delta G\left(h_5 - h_7\right) = (G + \Delta G)\left(h_6 - h_7\right)$$

$$h_7 = h_6(1 + g) - g \cdot h_5$$

- параметри пари в точці 3 визначаються із рівняння енергетичного балансу при змішуванні потоків пари в точках 2 і 5.

$$\Delta G \cdot h_5 + G \cdot h_2 = (\mathrm{G} + \Delta\,\mathrm{G}) \cdot \mathrm{h}_3$$

$$h_3 = \frac{g \cdot h_5 + h_2}{1 + g}$$

- питома холодопродуктивність циклу, Дж/кг, $q_o = h_o - h_7$
- витрата холодильного агенту, кг/с

$$G = \frac{Q_o}{q_o}$$

- питома робота циклу, Дж/кг

$$l = (h_2 - h_1) + (1 + g)(h_4 - h_3)$$

- коефіцієнт перетворення енергії теоретичного циклу, $\varepsilon = \frac{q_o}{l}$

Результати розрахунків показують, що холодильний коефіцієнт циклу з РТО проміжного циклу практично не змінюється при позитивних температурах кипіння та зростає на 10-15% при зниженні температури кипіння і збільшенні кількості холодильного агенту проміжного тиску або температури конденсації. Незважаючи на те, що загальна робота компресора при цьому зростає, енергетична ефективність циклу підвищується, оскільки темп зростання холодопродуктивності за рахунок переохолодження перевищує зростання споживаної компресором роботи. Застосування таких РТО збільшує величину переохолодження рідини високого тиску та як наслідок зменшує рівень сухості пари при дроселюванні . В порівнянні з холодильними машинами із класичним РТО величина переохолодження зростає до 25% для фреону R410 А та до 20% для фреону R404 А. Температура кипіння та температура конденсації при цьому суттєвого пливу не мають.

На рис. 2. приводяться результати розрахунків в виді графіків залежності температури нагнітання від температури кипіння для холодильних агентів R404A та R410A при температурах конденсації 40 ºС для РТО з різною кількістю холодильного агента проміжного тиску. Лінії 1 та 2 відповідають циклам з класичним РТО для R410A та R404A відповідно. Лінії 3 і 4 відповідають холодильному агенту R410 А при 10 та 15 % холодильного агента проміжного тиску відповідно, а лінії 5 і 6 відповідають холодильному агенту R404 А при 10 та 15 % холодильного агента проміжного тиску відповідно. Температура нагнітання за результатами розрахунків зменшується до 25% - 40 % у порівнянні з холодильними циклами із класичним РТО в залежності від температури кипіння та конденсації.

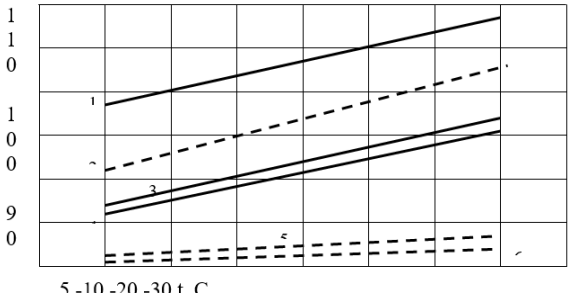


Рис.2. Залежність температура нагнітання від температури кипіння

Аналіз результатів розрахунків показує що більш ефективним холодильним агентом в таких схемах є R410A в порівнянні з R404A .

За результатами розрахунків холодильних циклів з РТО проміжного циклу можливо зробити наступні висновки, які підтверджується наступним :

- суттєвими перевагами циклу з РТО проміжного циклу по відношенню до циклів з класичними РТО;
- зростанням холодильного коефіцієнту та рівню термодинамічної досконалості циклу;
- зменшенням температури нагнітання ;
- збільшенням величини переохолодження рідини високого тиску ;
- зростанням практично усіх енергетичних показників циклу при підвищенні температури конденсації , збільшенні кількості пари проміжного тиску та зниженні температури кипіння.

При цьому для реалізації таких циклів можливо застосування практично усіх холодильних агентів і навіть тих, які не рекомендується застосовувати в циклах з класичними РТО.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гемелев Ю.А., Мнацаканов Г.К. Энергетическая эффективность теоретических регенеративных циклов компрессионных холодильных машин. В сб. « Холодильная техника и технология», вып. 60, 1999, стр. 90 -94.

2. Каталог фирмы DWM COPELAND.www. Copeland.com.

3 Мартыновский В.С.. Циклы, схемы и характеристики термотрансформаторов. М., « Енергия», 1979, 288 С.

УДК 621.45.02

Черниш І.І., Шевченко А.І.
Національний університет «Одеська морська академія»

Сумарна температура газу за робочий цикл і середня індикаторна температура

Розглядається ентальпія як термодинамічний потенціал, а також як тепловміст робочого тіла, що визначають приховану енергію, яка розкриває можливості перетворення внутрішньої енергії в теплоту і далі - в роботу, в умовах поршневого двигуна. Наводиться зв'язок елементарних робіт і кількостей теплоти з внутрішньої енергією робочого тіла.

Наводяться результати аналізу при перетворенні теплоти як повністю у внутрішню енергію, так і частково у зовнішню роботу на прикладі теоретичного термодинамічного циклу Трінклера - Сабате. Вводяться поняття «сумарна температуру газу» і «середня індикаторна температура» як визначники можливого розширення працездатності газу.

Ключові слова: робоче тіло, внутрішня енергія, ентальпія, ентропія, середня температура газу, індикаторна температура.

Введення

Працездатність теплового двигуна, його енергетична ефективність, паливна економічність, рівень негативного впливу на навколишнє середовище, – багато в чому залежить від якості організації внутрішньо- циліндрових процесів, від властивостей утворення робочого тіла і його можливості повністю віддати акумульовану в ньому енергію на здійснення внутрішньоциліндрової роботи.

Робота газу як робочого тіла

Розглянемо утвореного в процесі здійснення робочого циклу поршневого двигуна робоче тіло або газ. Крім здійсненої роботи розширення, тіло отримує (або віддає) енергію шляхом безпосередньої передачі її до дотичних тіл (елементам робочого циліндра), і обміном випромінюванням з тілами (цими ж елементами робочого циліндра, зазделегіть підігрітими від попередніх циклів). Цю частину зміни внутрішньої енергії називають надмірною або недостатньою кількістю теплоти δQ. Таким чином, зміну енергії тіла можна записати як

$$dU = \delta Q + \delta R = \delta Q - pdV,$$

де δR – мала кількість роботи, яка здійснена за рахунок переміщення елементу поверхні $d\sigma$ на малу відстань dr під дією тиску газу p, або

$$\delta R = - p\, d\sigma dr = - pdV,$$

Позитивною вважається робота, здійснена зовнішніми силами над тілом, тобто, коли внутрішня енергія тіла зростає. Якщо ж тіло здійснює роботу над навколишнім середовищем за рахунок своєї внутрішньої енергії, то ця робота вважається негативною.

Тоді вид повного диференціалу внутрішньої енергії запишеться як [1,2]:

$$dU = TdS = - pdV,$$

Порівнюючи цей вираз з попереднім отримуємо

$$\delta Q = TdS$$

або

$$dS = \delta Q/T.$$

Це підтверджує уявлення про ентропію як про наведену теплоту.

Елементарна кількість роботи δR і кількість теплоти δQ, що отримується тілом при нескінченно малій зміні його стану, не є повними диференціалами. Тільки сума δR + δQ, тому що зміна внутрішньої енергії dU – повний диференціал. Інакше кажучи, енергію тіла неможливо розділити окремо на механічну і теплову. Необхідність в такому розподілі виникає тільки при визначенні шляхів зміни наявної кількості енергії.

Співвідношення отриманих кількостей теплоти і роботи не визначається тільки початковим і кінцевим станом тіла, а повністю залежить від шляху переходу, тобто характеру процесу. Найбільш наочно цю властивість видно на

замкнутих процесах (циклах), що починаються і закінчуються в одному стані. Тут зміна внутрішньої енергії дорівнює нулю, а тіло при цьому може отримувати або віддавати теплоту або здійснювати роботу.

Функції, зміни яких при замкнутому циклі дорівнюють нулю (тобто їх диференціали є повними), називаються функціями стану або потенціалами. У механіці, звідки запозичене це поняття, єдиним потенціалом є функція Гамільтона – сума кінетичної і потенційної енергій. Оскільки термодинамічних змінних набагато більше, ніж механічних – в термодинаміці більше ступенів свободи, то і потенціалів може бути декілька. Природно, що в термодинаміці вони носять назву термодинамічні.

Виходячи з виду повного диференціала для внутрішньої енергії, можна побачити, що U являє собою термодинамічним потенціалом щодо змінних S і V.

Теплова функція = тепломісткість = ентальпія. Для спрощення викладок відвернемося від факту, що реальні тіла складаються з частинок різних сортів. Тоді термодинамічних перемінних, від яких залежить внутрішня енергія, залишиться лише чотири. Це об’єм V, тиск p, температура T і ентропія S. Незалежними з них буде будь-яка пара (якщо враховувати склад, то незалежних змінних буде три). Знаючи який-небудь термодинамічний потенціал при значеннях двох відповідних змінних і використовуючи властивості потенціалів, можна обчислити (через приватні похідні) значення двох інших змінних і всіх інших потенціалів. Цей факт і визначає методику знаходження і використання термодинамічних потенціалів на практиці, в прикладних розрахунках [3].

Наприклад, знайдемо функцію стану, в математичному відношенні потенційну, відповідно змінних S і p. Встановлено, що кількість теплоти, отриманої тілом, залежить від умов проведення процесу. На практиці розглядають процеси з постійним об'ємом (ізохорні, що проходять при постійному об’ємі) або процеси з постійним тиском (ізобарні, що проходять при змінному об’ємі). Якщо процес ізохорний, то тіло не робить механічної роботи ($dV = 0$), з цього випливає, що вся отримана теплота йде на зміну енергії: $\delta Q = dU$. На рис. 1 наведений теоретичний термодинамічний комбінований цикл поршневого двигуна (цикл Трінклера – Сабате) в координатах $p - V$ і $T - S$.

На цьому циклі заснована дія всіх реальних циклів сучасних дизельних двигунів. В цьому циклі де починає формуватися робоче тіло теплота спочатку підводиться віловідно зхорі (V – const) – ділянка 2–3 , при цьому вся отримана теплота йде на збільшення внутрішньої енергії – $dQ = dU$. На наступній ділянці, в зв'язку з початком руху поршня і відповідним збільшенням об’єму V, процес підведення теплоти триває, але вже відповідно ізобарі (p –const), на ділянці 3–4 .

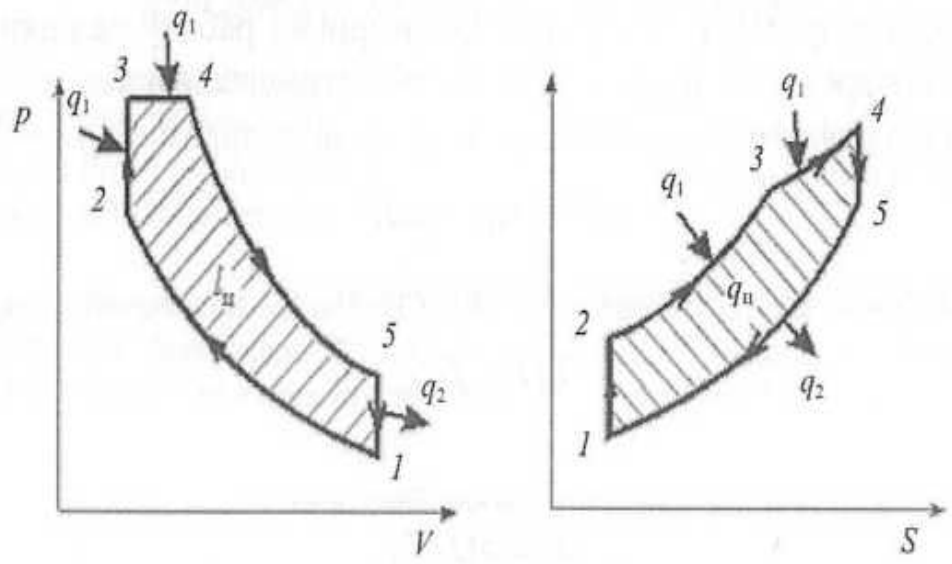


Рис. 1. Теоретичний термодинамічний цикл Трінклера – Сабате

Якщо процес ізобарний (p – const), то розглянуте раніше співвідношення можна переписати як диференціал

$$dQ=d(U+pV)$$

деякої функції

$$H=U+pV$$

яка, за фізичним змістом, є тепломісткістю, в теоретичній фізиці носить назву теплової функції, а в термодинаміці, називається ентальпія [3]. Її фізичний зміст в тому, що при постійному тиску зміна ентальпії (тепломісткості) дорівнює кількості теплоти, що отримується тілом – $(\delta Q)v,s = dH$, та йде:

– на зміну внутрішньої енергії dU (через зміну температури тіла).

– на здійснення роботи над зовнішнім середовищем pdV (через зміну об'єму).

Повний диференціал ентальпії для довільного процесу матиме вигляд [4]:

$$dH = dU + (pdV + Vdp) = TdS - pdV + pdV + Vdp = TdS + Vdp$$

Звідси випливає, що для процесу, який проводиться при постійному тиску p і ентропії S – кількість отриманої теплоти dH – повний диференціал.

Відповідно, сама функція H ентальпія – шуканий термодинамічний потенціал відносно змінних p і S. Тоді для збільшення працездатності дизельних двигунів необхідно максимально використовувати тепломісткість робочого тіла H при змінних p та S за рахунок збільшення об'єму V (за рахунок збільшення ходу поршня) і сумарної температури газу T.

Отже, встановлено, що для підвищення енергетичної ефективності теплової машини, зокрема дизельного двигуна, необхідно збільшувати внутрішню

енергію робочего тіла (за рахунок підвищення температури) і кількість роботи (за рахунок збільшення об'єму).

Внаслідок чого сучасні СОД мають тенденцію до довгохідності тобто, до збільшення ходу поршня [5, 6].

Сумарна температура циклу і середня індикаторна температура

Тривалий час без належної уваги знаходився внутрішньоциліндровий температурний фактор, якщо не брати до уваги визначення максимальної температури циклу при тепловому розрахунку двигуна - t_z або T_z (°С або К). Однак сумарне значення температури робочого тіла, яка створилася за робочий цикл визначає його тепломісткість і, отже, працездатність.

На рис. 2 – 4 наведені графіки дійсних індикаторних діаграм і циклових температур, отримані при випробуваннях дизеля 4ЧН 9,5/11.

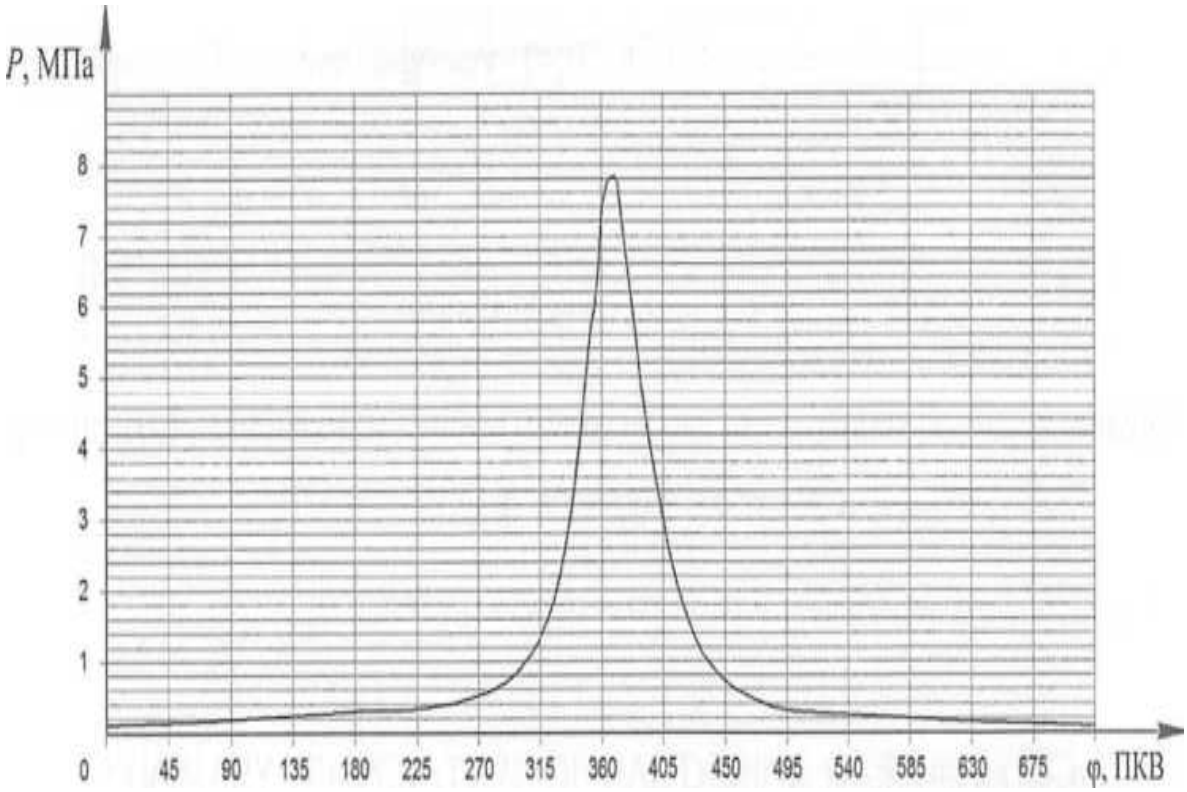


Рис.2 – Розгорнута індикаторна діаграма

Індикаторні діаграми є основою для побудови графіків температур, графічним методом по В. О. Ваншейдту [7] або за рівнянням стану ідеального газу Клапейрона – Менделеєва:

$$pV=GRT$$

де p – тиск, МПа; V – об'єм, м^3; R – універсальна газова постійна, Дж/(моль.К) T – температура, К.

Сумарне значення температури робочого тіла за цикл можно визначити відповідно формули

$T_{\Sigma г} = \varphi T(V)dV$, К

тоді середня індикаторна температура за цикл визначиться як

$T_i = T_{\Sigma г}/V_h$, К

де V_h – робочий об'єм циліндра, м^3.

Домовимося, що середня індикаторна температура циклу – це умовна постійна температура робочого тіла, що визначає його тепломісткість (ентальпію), а отже, працездатність протягом усього циклу. Графічно T_i, можна уявити як висоту прямокутника, площина якого дорівнює площині замкнутої температурної кривої, а основа рівна ходу поршня. В цьому випадку чисельно середня індикаторна температура за цикл $T_{\Sigma г}$ буде дорівнювати виразу

$$T_{\Sigma г} = V_h T_i, \ К \cdot м^3$$

Розглянемо отриману розмірність К· м^3. Для цього виділимо інтересуючий нас вираз, а саме *VT*.

Отримаємо:

$VT = GRT^2/p$

Розмірність цього виразу буде Дж · К ·м^2/Н або Дж · *К* / Па.

Розділивши розмірність $T_{\Sigma г}$ на V_h , м^3, отримаємо *К*.

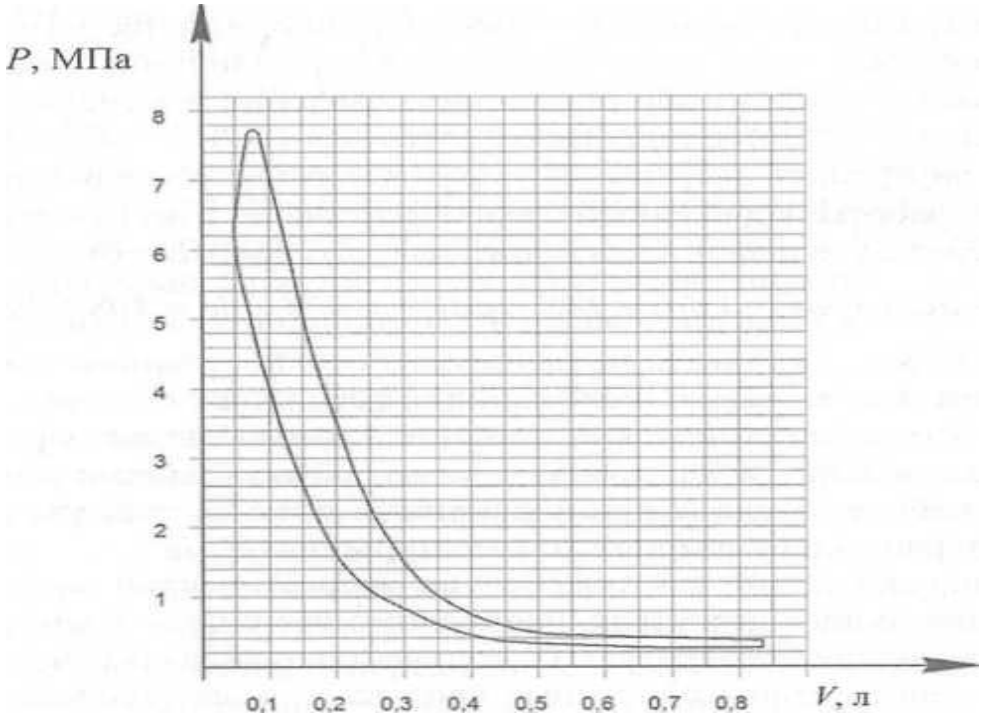


Рис.3. – Згорнута індикаторна діаграма

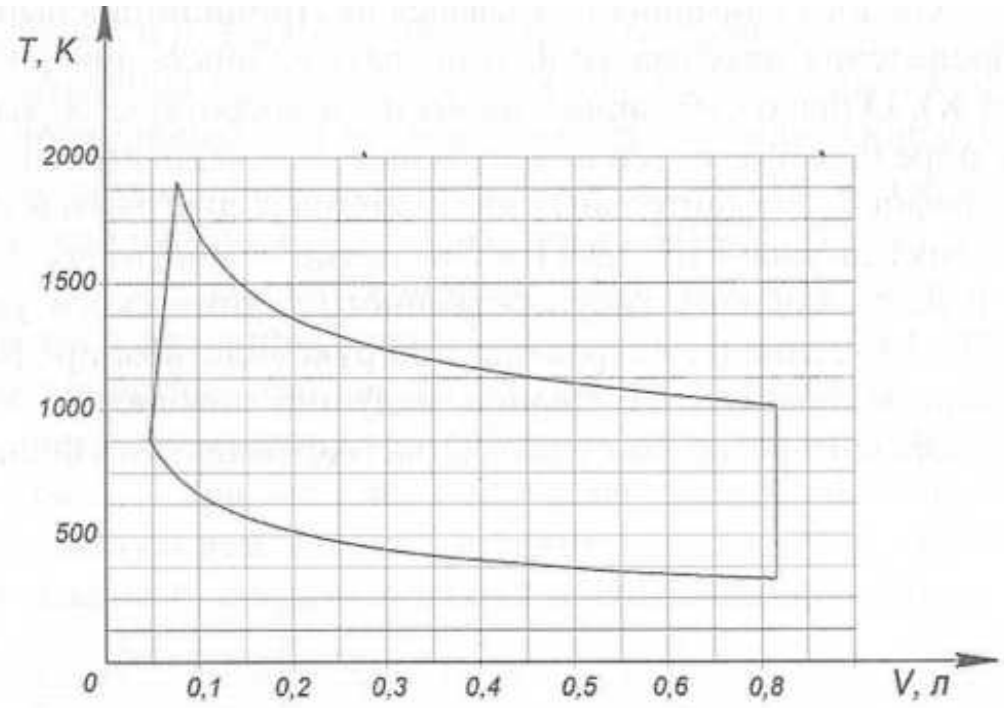


Рис.4 – Графік температур циклу

Висновок

Таким чином, термодинамічний аналіз стану робочого тіла в циліндрі двигуна, оцінка середньої температури газу за цикл індикаторної температури дають можливість оцінки перспектив працездатності газу, що дозволяє прогнозувати можливість підвищення ефективності роботи машини за допомогою різних конструктивних новацій. В цьому сенсі температурні показники $T_{\Sigma i}$ і T_i мають пріоритет перед силовими – p_z і p_i, які тільки фіксують поточний стан робочого тіла і не дають можливості оцінити приховану перспективу зростання працездатності газу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Базаров И. П. Термодинамика / И.П. Базаров. М.: Высш.шк.,1991.376 с.
2. Александров А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнер- гетических установок /А.А.Александров. М.: Изд-во МЭИ, 2004. 340 с.
3. Квасников И. А. Термодинамика и статистическая физика. Т. 1: Теория равновесных систем: Термодинамика / И.А. Квасников. М.: УРСС, 2002. 240 с.
4. Термодинамические потенциалы // URL: http:// ww'w. kaf9. mephi. ru/' thermodynamics/textbook/files/P_3_2.htm.
5. Конкс Г.А. Мировое судовое дизелестроение / Г. А. Конкс, В. А. Лашко // Концепции конструирования, анализ международного опыта. М.: Машиностроение, 2005. 512 с.
6. Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания / И. В. Возницкий, А. С. Пунда. М.:МОРКНИГА, 2008. Т. 1. 283 с.
7. Ваншейдт В.А. Судовые двигатели внутреннего сгорания / В. А. Ваншейдт. Л .: Судостроение,1977.392 с.

УДК 628.32.2

Удолатій В.Б.
Національний університет «Одеська морська академія»

Пропозиції по облаштуванню системи визначення вмісту нафтозалишків

У традиційних системах очищення льяльних вод використовується принцип гравітаційного осадження що дозволяє добитися концентрації нафтопродуктів у воді нижче 15 млн$^{-1}$.

Але статичні технології виявляються неефективними в реальних умовах експлуатації на борту. В умовах бортової і кільової хитавиці зазвичай не можна провести сепарацію багатокомпонентних і емульгованих льяльних вод за допомогою однієї тільки земної гравітації [5].

На відміну від систем статичного очищення, де діє тільки сила природної гравітації, високошвидкісна відцентрована сепарація забезпечує очищення води від нафтопродуктів в реально діючих умовах до концентрації 5 млн$^{-1}$ без застосування хімікатів і адсорбційних або мембранних фільтрів і забезпечує прекрасну ефективність розділення води, твердих часток і часток нафтопродуктів. Одночасно, відцентровий сепаратор допомагає протистояти постійній хитавиці судна. Для очищення льяльних вод, у сучасному устаткуванні, що фільтрує, застосовуються системи і прилади для автоматичного контролю величини нафтовмісту при скиданні (рис. 1).

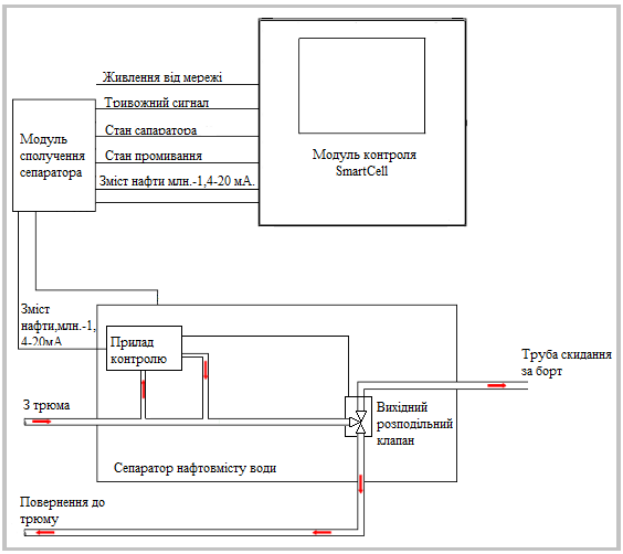


Рис. 1. Автоматична система визначення змісту нафтозалишків з детектором "SmartCell"

Серед кількісних методів визначення нафтовмісту в очищеній воді найбільш поширені оптичні [2]. На їх базі, в основному, створені автоматичні проточні аналізатори нафтовмісту в очищеній воді [3-5]. Сигналізатори нафти типу "SmartCell" виробництва фірми «RIVERTRACE ENGINEERING LTD» розроблені спеціально для застосування спільно з сепараторами льяльних вод. Їх технічні дані і принцип роботи відповідають міжнародним вимогам, викладеним у відповідних нормативних документах.

Принцип дії вищезгаданих приладів ґрунтований на явищі турбідиметрії в інфрачервоній області спектру.

В основі методу лежить явище проникнення світлової хвилі в оптично менш щільне середовище, коли світловий потік поширюється з оптично більш щільного середовища в менш щільне під кутом.

На рис. 2 представлена функціональна модель монітора "SmartCell" для визначення вмісту нафтозалишків у льяльних водах.

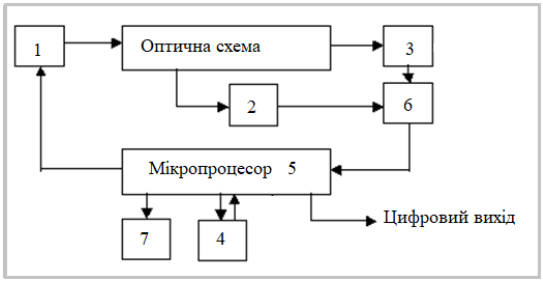


Рис. 2. Функціональна схема оптоелектронної системи для визначення нафтовмісту у очищеній воді

Імпульсне джерело світла 1 під управлінням мікропроцесора 5 виробляє світлові імпульси, інтенсивність яких при проході через оптичну схему контролюється фотоприймачем опорного каналу 2 за допомогою блоку реєстрації 6. Потрапляючи через оптичну систему і торці світловода у водне середовище, ці імпульси збуджують імпульси люмінесценції, величина яких пропорційна концентрації розчинених і емульгованих нафтопродуктів. Імпульси люмінесценції проходять з водного середовища через торці світловода в зворотному напрямку і вимірюються фотоприймачем каналу реєстрації 3 за допомогою блоку реєстрації 6 і обробляються мікропроцесором 5. Мікропроцесор через блок реле 7 управляє вторинними пристроями (засувками, клапанами, сигналізацією) і передає інформацію на блок індикації 4 для виведення результатів вимірювання концентрації нафтопродуктів у воді.

Детектор "SmartCell" виконує виміри в протоці води, та аналізує усі три типи нафти одночасно, при цьому на результат можуть впливати зважені частки, які іноді присутні в зразку [4]. Точність вимірювань визначається чистотою скляних стінок трубки. У разі, коли при відборі проб перевищена концентрація встановлених величин, необхідно промити скляну трубку. У комплекті до приладу надається набір для ручного очищення вимірювальної частини системи, що забезпечує можливість технічного обслуговування. Забруднення оптичного елементу та внутрішньої поверхні скляної трубки є головною причиною відмови або некоректної роботи системи визначення змісту нафтозалишків [5]. Для ефективної експлуатації монітора "SmartCell" в його конструкції передбачено облаштування автоматичного очищення поверхні вимірювальної камери. Пристрій є поршнем з отворами для протоки води з гумовими манжетами. У дію його приводить шток від повітряного сервомотору. Поршень при поданні повітря у сервомотор здійснює поступальну ходу усередині скляної трубки і

своєю кільцевою гумовою манжетою очищає її стінки від можливих налиплих крапель нафтопродуктів (рис. 3).

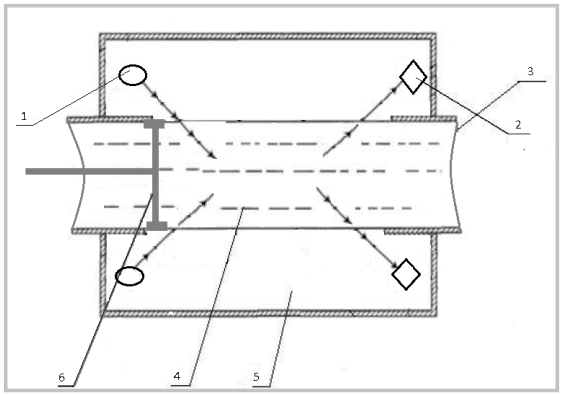


Рис. 3 Облаштування для автоматичного очищення внутрішньої камери монітора "SmartCell": 1 – світлодіоди; 2 – приймачі оптичного випромінювання; 3 – скляна труба, де протікає досліджуваний зразок; 4 – досліджувана рідина; 5 – корпус монітора; 6– поршень.

Для простоти обслуговування та додаткової електробезпеки сигналізатор повинен з'єднуватися з вихідним трубопроводом сепаратора в точці відбору проб тільки оптоволоконним кабелем. Детектор "SmartCell" повинен бути розташований якомога ближче до очищеної води, щоб мінімізувати затримки відповіді. Згідно MEPC.107 (49) установка повинна бути влаштована таким чином, щоб загальний час відгуку автоматичного пристрою, що запобігає скиданню за борт льяльних вод, концентрація нафтопродуктів у яких більше 15 млн$^{-1}$ має бути якомога коротшим і в будь-якому випадку не більше 20 с.

Висновки

- Метод відцентрової сепарації з застосуванням сигналізаторів нафтовмісту типу "SmartCell" забезпечує рівень ефективності і надійності роботи, відповідний міжнародним вимогам, викладеним нормативних документах.
- Головною причиною відмови або некоректної роботи детектора "SmartCell" є забруднення оптичного елементу. До недоліків приладу слід віднести його неправдиві спрацьовування, тобто чутливість до змісту у воді зважених речовин, що не відносяться до нафтопродуктів, але що міняють її оптичну щільність.
- Для ефективної експлуатації монітора "SmartCell" в його конструкції передбачено облаштування автоматичного очищення внутрішньої поверхні вимірювальної камери, яке забезпечує точну роботу детектора протягом тривалого часу.
- Установка детектора має бути влаштована таким чином, щоб загальний час відгуку автоматичного пристрою, що запобігає скиданню за борт льяльних вод з концентрацією нафтопродуктів більше 15 млн$^{-1}$ повинен бути якомога коротшим і в будь-якому випадку не більше 20 с.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 года и Протокол 1978 года. — СПб.: Изд-во ЗАО «ЦНИИМФ», 2008. — 760 с. 2. «Ballast Water Management Summit» Long Beach, California February 4, 2015. — 33 с.

2. Рахимов Н.Р. Оптоэлектронные системы на основе эффекта НПВО для контроля технологических параметров нефти и невтепродуктов // Изд. Вузов. Приборостроение . -2006. № 1. – С. 41-45.

3. Удолатий В.Б. Разработка модели автоматического контроля содержания нефти при сливе балластных и промывочных вод. // Морський та річний флот: експлуатація та ремонт: матеріали науково-технічної конференції – Одеса: НУ «ОМА». – 2016. – С. 153-155.

4. Удолатий В. Б. Разработка алгоритма автоматического контроля содержания нефти при сливе балластных и промывочных вод. // Річковий та морський флот: експлуатація і ремонт: матеріали науково-технічної конференції – Одеса: НУ "ОМА". – 2017. – С. 177-179.

5. Удолатий В.Б. Аналіз моделі автоматичного контролю вмісту нафти при скиданні баластних та промивних вод. Матеріали науково-технічної конференції «Річковий та морський флот: експлуатація і ремонт», 22-23 березня 2018 р. – Одеса: НУ «Одеська морська академія» 2018. – С. 60-63.

УДК 661.96.001

Бузовський В.А., Дороган В.В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Перспективи використання водню у якості альтернативного палива в суднових дизелях

Суднові двигуни внутрішнього згоряння (СДВЗ) використовують традиційні палива нафтового походження, що в решті негативно впливає на екологію навколишнього середовища за рахунок викидів шкідливих речовин в атмосферу. Особливо гостро ця проблема стоїть при знаходженні судна у берегових зонах і портах, де СДВЗ працюють у якості допоміжних дизель-генераторів або головних [1]. Основними токсичними речовинами є сажа, оксиди сірки SO_2 , оксиди азоту NO_x, моно-оксид вуглецю CO, вуглеводні CH.

У додатку VI МК МАРПОЛ зазначені вимоги щодо складу оксидів сірки, азоту і вуглецю та твердих частинок у викидах морських суден [2]. Максимально допустимий склад сірки у паливі показана на рис. 1, а окису азоту на рис. 2.

Крім того, система міжнародних стандартів зазначує, що для суден побудованих після 1 січня 2011 року повинно бути забезпечено зниження викидів азоту на 20% по відношенню до рівня 2000 року, а для суден побудованих після 1 січня 2016 року – на 80% [3]. Тому перед науковцями всього світу стоїть задача – пошук перспективних і альтернативних палив.

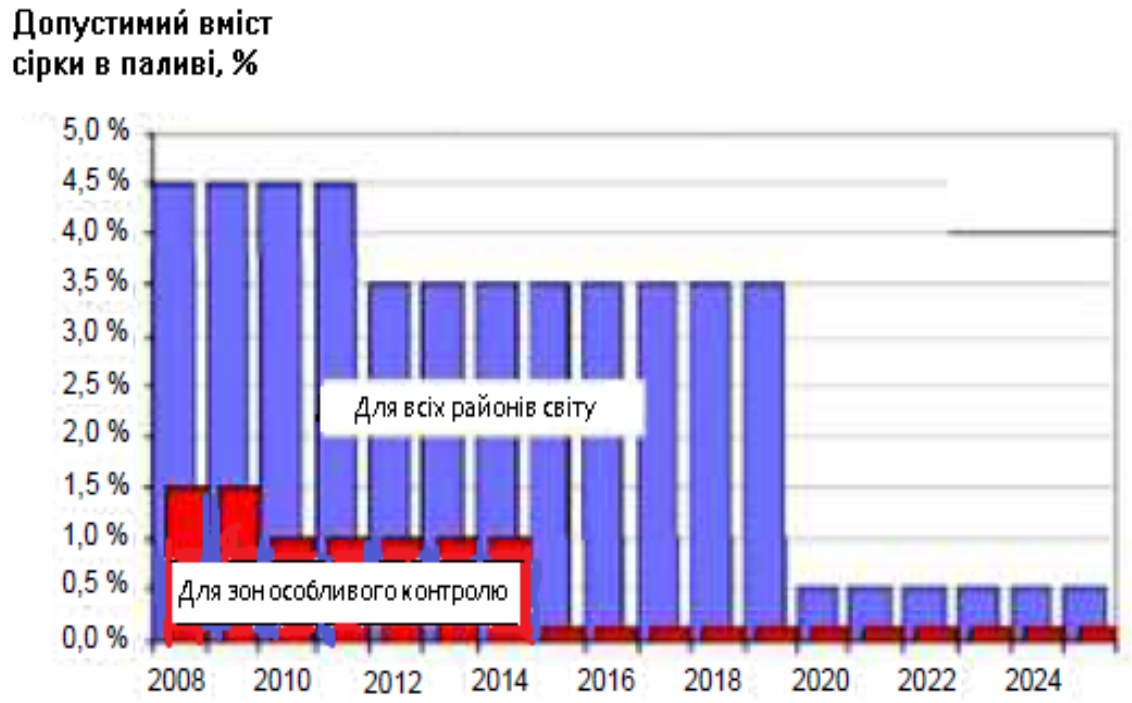


Рис. 1 - Вимоги Додатка VI МК МАРПОЛ до вмісту сірки в паливі

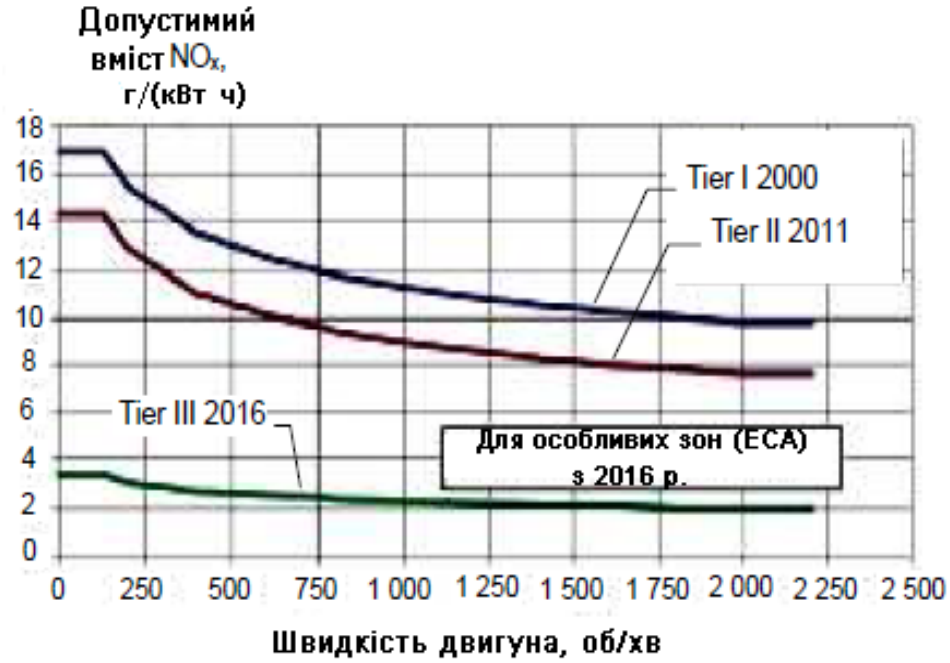


Рис. 2 - Вимоги Додатка VI МК МАРПОЛ до змісту концентрації NO_x в викидах

Перспективними газоподібними паливами є природний газ і альтернативні палива які не є результатом переробки нафти. До перспективних і альтернативних палив відносять природний газ – метан (CH_4), біогаз на основі метану, водень (H_2), скраплені вуглеводневі гази: пропан (C_3H_8) і бутан (C_4H_{10}).

Зважаючи на економічну кризу та постійне зменшення світових запасів нафти природного газу, дивлячись у майбутнє, науковці, спираючись на свої дослідження, схиляються до думки, що із перерахованих альтернативних па-

лив застосування водню у якості палива або добавки до нього має певні перспективи.

Використання водню у якості енергоносія у більшості досліджень розглядається як фактор зниження витрати палива і, що досить важливо, шкідливих викидів у навколишнє середовище [4].

У порівнянні із традиційними паливами водень має деякі переваги. Використовуючи спосіб отримання водню із води, це джерело палива є практично невичерпаним. Крім того, продуктом згоряння водню є тільки вода, що не наносить шкоди екології. Тому, економічно розвинуті держави, такі як Америка, Германія, Японія, проводять активні технічні розробки в області використання водню в енергетичних установках транспортних засобів.

Разом із цим використання водню як паливо у чистому вигляді пов'язано з рядом проблем. Низька щільність водню призводить до труднощів при зберіганні його на борту судна. Сучасні компактні і відносно легкі ємності для зберігання газоподібного водню дорогі і недосить розповсюдженні. Безпека використання водню також породжує ряд проблем пов'язаних із утворенням вибухонебезпечного газу при контакті із киснем. Крім того, для роботи на чистому водні необхідно вносити зміни до традиційних конструкцій двигунів внутрішнього згоряння, що призводить до додаткових витрат.

Зважаючи на зазначені недоліки, повний перехід ДВЗ на паливо на основі водню у близькому майбутньому не уявляється можливим, оскільки ККД навіть самих досконалих і перспективних технологій вироблення водню з води не перевищує 50%, а зберігання і транспортування його у великих об'ємах пов'язані із значними енергетичними витратами і технічними складностями забезпечення мір належної безпеки. Тому, у якості реальної альтернативи можна розглядати використання малих добавок водню, що не створять проблем при їх зберіганні.

Теоретичні та експериментальні дослідження впливу добавок водню на паливну економічність та екологічні показники суднових дизелів показані зокрема в роботах [6, 7, 8].

Дослідження впливу добавок водню до дизельного палива на економічність дизеля при різних температурах навколишнього повітря і навантаженнях були проведені на базі суднового дизеля без наддуву марки 2Ч-13,5/14 номінальною потужністю $N_{e\ ном}$=29,4 кВт і з номінальною частотою обертання колінчастого валу 1500 об/хв. [6, 7]. Невеликі добавки повітря водню подавалися в двигун зі свіжим зарядом повітря через всмоктуючий колектор. Перевагою цього способу є то, що він не вимагає складних устроїв і високого тиску, що дозволяє використовувати його в двигунах внутрішнього згоряння на транспортних засобах.

Випробовування виконувались на чотирьох режимах з відносною потужністю N_e= N_e/ $N_{e\ ном}$ – 1,0; 0,75; 0,50; 0,25. На кожному режимі роботи двигуна визначалась питома ефективна витрата дизельного палива без добавок водню g_e г/(кВт · год) і з добавками водню g_e^H. Добавка водню g_e^H змінювалась від 0,5% до 2%. Витрати дизельного палива і у процентах визначалась як g_{H2}=g_H/g_e · 100%.

Аналіз результатів випробувань показують, що економія дизельного палива $\Delta g_e=(g_e - g_e^H)/g_e \cdot 100\%$ за рахунок добавок водню залежить від навантаження на двигун N_e, температури навколишнього повітря і величини добавки водню m_{H2}.

Залежність зміни питомої витрати палива від потужності N_e при різних температурах навколишнього повітря $t_в$ і добавках m_{H2} представлена на рис. 3.

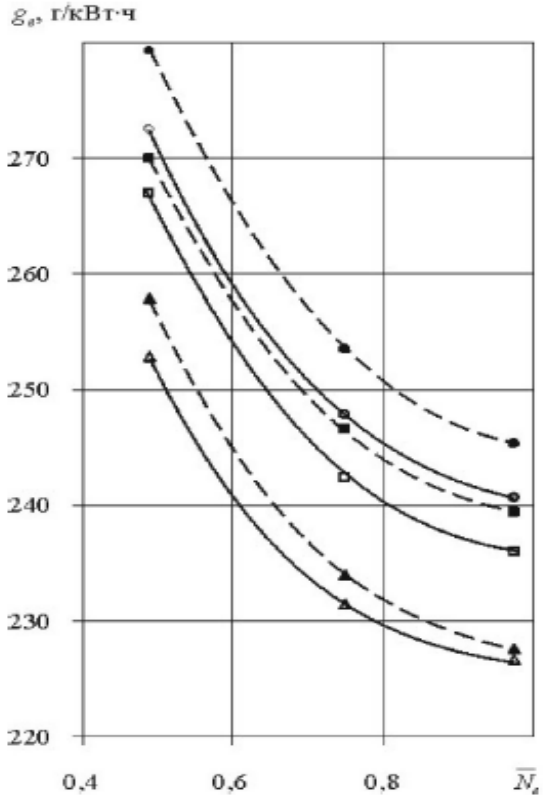


Рис. 3 – Залежність зміни питомої витрати палива g_e від навантаження на двигун N_e при різних температурах навколишнього повітря $t_в$ і добавках водню m_{H2}, %: ○,● - m_{H2}=0%; □, ■ – 2,0%; Δ,▲ – 1,5%; —— – $t_в=20^0$C;
– – – – 48^0C.

Як видно, на номінальному режимі (N_e=1,0) використання добавок зменшує g_e на 14-18 г/(кВт · год), тобто на 6%, а при N_e=0,5 – на 20÷25 г/(кВт · год), або на 7÷9%.

На номінальному режимі при роботі дизеля без добавок водню підвищення температури повітря від 20 до 48^0C призводить до зростання g_e на 2%, а із добавкою m_{H2}=2% збільшення g_e менше 0,5%. Подібні співвідношення зберігаються і на часткових режимах: криві при m_{H2}=2% і m_{H2}=1,5% проходять близько одна до одної. Близькість кривих, що характеризують роботу дизеля на часткових режимах без добавок при $t_в=20^0$C і з добавками при $t_в=48^0$C характеризує те, що навіть невеликі добавки водню до палива компенсують погіршення економічності дизеля через підвищення температури на вході.

Проведений частковий аналіз про перспективи використання водню у якості альтернативного палива дозволяють зробити слідуючи висновки:

1.Широке використання водню як чистого палива стримується у зв’язку із значною вартістю його отримання, складністю збереження і транспортування,

що пов'язано із його властивостями, такими як високим самозайманням і вибухонебезпечністю.

2. На першому етапі найбільш доцільним є використання невеликих добавок (1,5÷2%) водню до традиційного палива, що не викликає значних проблем, пов'язаних із його добуванням і зберіганням.

3. Аналіз теоретичних і експериментальних даних дають підстави вважати добавки водню до основного дизельного палива ефективним засобом підвищення економічних і екологічних показників ДВЗ без істотних конструктивних змін енергетичних установок.

4. Використання невеликих добавок водню на номінальному режимі дизеля призводить до зменшення g_e приблизно на 6%, а при N_e=0,5 – на 7÷9%.

5. Водневі добавки зменшують відносну питому ефективність (відношення до питомої витрати водню) витрати дизельного палива на 2÷6%.

6. З підвищенням температури повітря, яке подається в циліндри, і зменшенням навантаження на двигун ефект від використання добавок водню зростає.

7. По даним теоретичних і практичних досліджень наших і закордонних спеціалістів використання водню у майбутньому може стати альтернативою по відношенню до традиційних палив.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Стаценко В.Н., Якубовский Ю.В. Перспективы повышения экологической безопасности судових энергетических установок // Судостроение. -№5. 2003. –С.28-31.
2. Епифанов В.С. Применение природного газа в судовых энергетических установках // Речной транспорт, 2008. -№4. – С.77-84.
3. Галышев Ю.В., Магидович Л.Е., Новичков М.Ю. Принципы анализа рабочих процессов газовых двигателей // Двигателестроение, 2003. -№2. Прил. 1. Материалы Всерос. Конгресса двигателестроителей., 2003. –С.3.
4. Дмитриев А.Л. Экономические и технические проблемы развития водородного транспорта с целью улучшения экологического состояния окружающей среды // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology. – ISJAEE 2004. -№1(9). –С. 14-18.
5. Кочергин П.Н., Глушков С.П. Особенности решения проблем обеспечения безопасности при реализации инновационных процес сов // Вести Перм. націон. исслед. политехн. ун-та. Безопасность и управление рисками, 2016. -№5. –С. 203-209.
6. Сирота А.А., Чураков А.И. Испытание судового высокооборотного ДВС с добавками водовода // Двигатели внутреннего сгорания. –Харьков: НТУ «ХПИ», 2005. -№2. –С. 81-84.
7. Сирота А.А. Повышение экономичности судових ДВС путем использования водовода в качестве добавки к топливу / А.А. Сирота // Двигатели внутреннего сгорания, 2006. -№1. –С. 63-67.

8. Говорун А.Г., Корпач А.О., Філоненко О.Д. Вплив додавання водневмісткого газу на показники дизеля в навантажувальному режимі / А.Г. Говорун, А.О. Корпач, О.Д. Філоненко // Вісник ХНАДУ, 2016. – вип. 74. –С. 45-47.

УДК 629.12.06

Блащенко С.В., Калюжный В.О.

Влияние понижения температуры наддувочного воздуха на работу судового дизеля.

При введении международных норм на выбросы экологически вредных веществ возникла необходимость выбрать достаточно эффективный метод их снижения. Борьбу с выбросами можно вести первичными методами, влияя на рабочие процессы дизелей таким образом, чтобы уменьшить количество веществ, которые образуются в цилиндрах, которые влияют на экологию. Но таким способом мы уменьшаем КПД двигателя, потому что происходит негативное влияние на процесс сгорания топлива. Также эти способы уменьшения эмиссии NOx дороги и экономически не выгодны, потому что изменение конструкции двигателя приводит к снижению эффективности двигателя.

Вторичные методы направлены на удаление вредных выбросов из выпускных газов и осуществляются вне цилиндра двигателя.

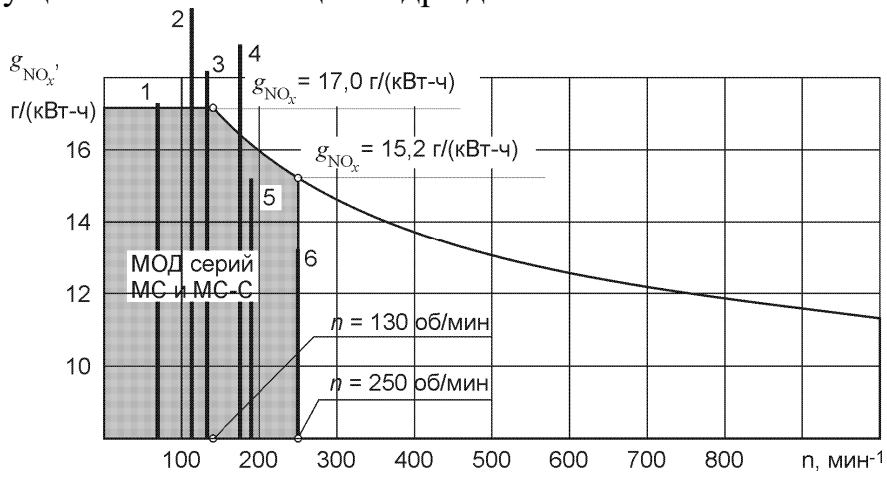


Рис. 1. Ограничительная кривая технического кодекса ИМО по контролю над выбросами NO_x с результатами испытаний двигателей фирмы MAN B&W: 1 — S80MC (17,5 г/кВт·ч); 2 — S60MC (20 г/кВт·ч); 3 — S46MC (18 г/кВт·ч); 4 — S35MC (19 г/кВт·ч); 5 — L42MC (15 г/кВт·ч); 6 — S26MC (13 г/кВт·ч)

Рассматриваемые технические мероприятия, которые относятся к первичным методам, можно подразделить на следующие основные группы:

– изменение параметров наддувочного воздуха и коэффициента избытка воздуха;

– уменьшение температуры наддувочного воздуха с одновременным увеличением давления наддувочного воздуха и коэффициента избытка воздуха приводит к снижению выбросов NOx;

– уменьшение давления наддувочного воздуха с одновременным снижением температуры сгорания приводит к снижению выбросов NOx;

- Следует отметить, что перечисленные способы снижения эмиссии NOx приводят к некоторому ухудшению экономических характеристик двигателя, потому что происходит снижение термического КПД цикла. Применяемые способы позволяют в значительной мере снизить содержание в выпускных газах экологически опасных веществ. Однако, какое-то их количество образуется и выбрасывается вместе с газами в окружающую среду.

Таким образом повышение экологических показателей роботы судовых дизелей совершенствованием организации процессов сгорания путем снижения максимальной температуры сгорания топлива Tz. Решение этой проблемы может осуществляться в нескольких направлениях. Одним из таких направлений может быть: измененииение параметров наддувочного воздуха.

Одним из вариантов снижения максимальной температуры цикла сгорания топлива в дизеле рассматривается снижение температуры воздушного заряда, который поступает в цилиндр. Экспериментально доказано, что низкая температура воздуха в цилиндре в начале и конце сжатия обусловливает увеличение периода задержки воспламенения топлива и, как следствие, рост максимального давления цикла *pz* и снижения температуры газов, которые отходят.

Низкие температуры воздуха в ресивере влекут, в связи с увеличением плотности воздуха, рост подачи турбокомпрессоров (Gк и давлению наддува Рк*)*. С одной стороны, это благоприятно отражается на массе свежего заряда воздуха в цилиндрах и соответствующем увеличении индикаторного КПД рабочего цикла. В итоге увеличивается среднее эффективное давление Ре и уменьшается удельная затрата топлива ge.

С другой стороны, низкие температуры воздуха в цилиндре в начале и концы сжатия обусловливают увеличение периода задержки воспаления топлива и, как следствие, существенный рост максимального давления цикла *pz*. Это при этом, в современных двигателях *pz* = 15 ÷ 18 МПа может оказаться достаточно опасным для прочности дизеля и работоспособности его подшипников. Фирма "Вяртсиля" прибегает к более экономичному решению - при избыточном повышении давления удаляется часть воздуха из ресивера. Подача холодного воздуха в цилиндр позволит применять этот способ в соединении с рециркуляцией части газов, которые отработали, в цилиндре компрессора.

На рис. 2 представлены результаты испытаний СДВЗ на арктическом ледоколе.

По данным фирм изготовителей [4], основными параметрами, от которых зависит содержание NO_x в отходящих газах, являются давление и температура наддувочного воздуха, а также коэффициент избытка воздуха.

Тесты, проведенные фирмами-изготовителями показали, что:

- снижение температуры наддувочного воздуха на 3 С приводит к снижению NO_x в отработавших газах на 1%.

Полученные резулаты проверены на учебном тренажере «Судовой двигателе МАК-6».

Результаты эксперимента представлены на рисунке 3.

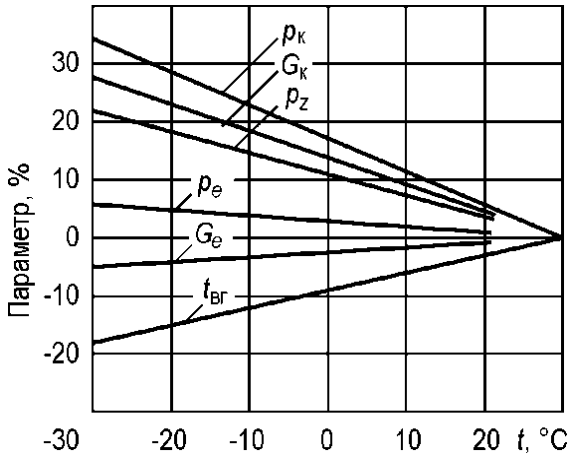


Рис. 2 Зависимость параметров дизеля от температуры внешнего воздуха при его заборе на ГТК с палубы

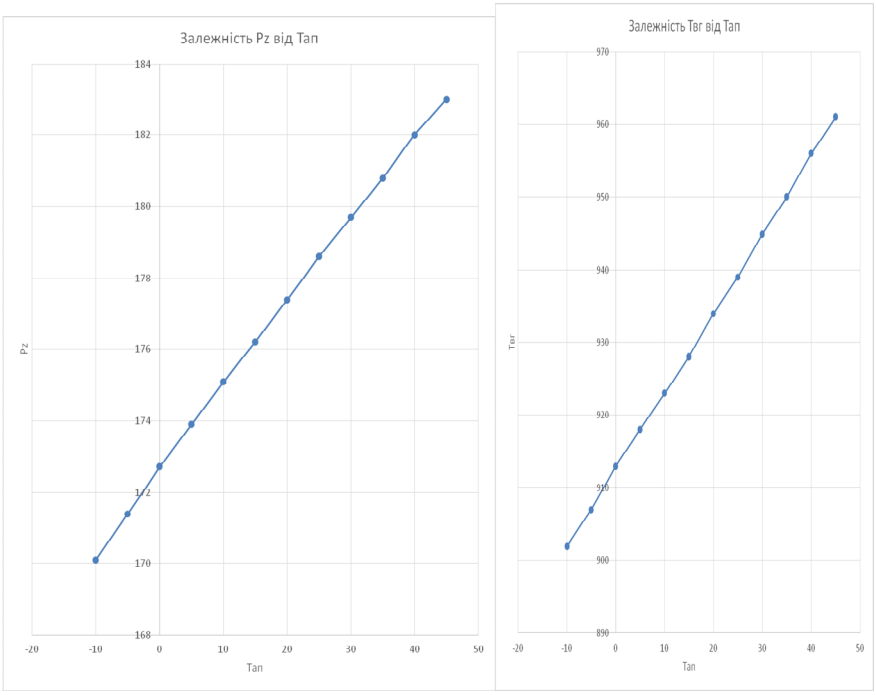


Рис.3 Зависимость давления сгорания и температуры отработавших газов от температуры наддувочного воздуха.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Камкин С.В., Возницкий И.В., Большаков В.Ф. Эксплуатация судовых дизельных энергетических установок. Учебник для ВУЗов. – М.: Транспорт, 1996. –
2. Калюжный В.О. Ханмамедов С.А. Предотвращение вредных выбросов с выпускными газами современных малооборотных судовых дизелей. Судовые энергетические установки: науч.-техн. Сб. – 2004.-№10 – Одесса: ОНМА. – С. 34-39.
3. Аболешкин С.Е. Калюжный В.О. Экологические аспекты эксплуатации судовых дизелей Судовые энергетические установки: науч.-техн. Сб. – 2005.-№12 – Одесса: ОНМА. – С. 141-145
4. Материалы фирмы MAN B&W.

УДК 629.5.064

Гаврилкін О. Є.
Національний університет «Одеська морська академія»

Методи захисту металевих поверхонь морських суден від корозії, обрастання та накипу

1 Механізм корозії металевих поверхонь.

Корозія - це процес мимовільного руйнування металів. За типами розрізняють хімічну і електрохімічну корозію. За видами - виборчу, рівномірну, місцеву плямами або точкову, розтріскуються, нерівномірну тощо. Але незалежно від виду і типу будь-яка корозія загрожує самими неприємними наслідками.

Найбільш часто зустрічаються такі види корозії металів:

a. Рівномірне - охоплює всю поверхню рівномірно
b. Нерівномірне
c. Виборча
d. Місцева плямами - корродірують окремі ділянки поверхні
e. Виразкова (або піттінг)
f. Точкова
g. Міжкристалічна - поширюється уздовж кордонів кристала металу
h. Розтріскувуюча
i. Підповерхнева

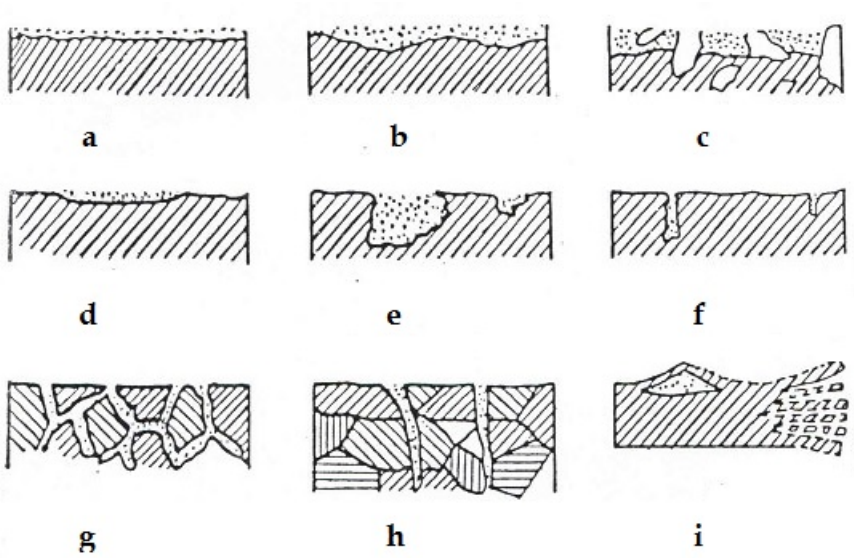


Рис 1 - Основні види корозії.

Електрохімічна корозія металів - найбільш поширений вид корозії металів, це процес руйнування металів в середовищі різних електролітів, який супроводжується виникненням всередині системи електричного струму.

При такому типі корозії атом видаляється з кристалічної решітки результаті двох сполучених процесів:

- • анодного - метал у вигляді іонів переходить в розчин.
- • катодних - утворилися при анодному процесі електрони, зв'язуються деполяризатором (речовина - окислювач).

Сам процес відведення електронів з катодних ділянок називається деполяризацією, а речовини сприяють відведенню - деполяризаторами.

Найбільшого поширення має корозія металів з водневою і кисневою деполяризацією.

Воднева деполяризація здійснюється на катоді при електрохімічної корозії в кислому середовищі

2H ++ 2e- = H2 розряд водневих іонів

2H3O ++ 2e- = H2 + 2H2O

Киснева деполяризація здійснюється на катоді при електрохімічної корозії в нейтральному середовищі

O2 + 4H ++ 4e- = H2O відновлення розчиненого кисню

O2 + 2H2O + 4e- = 4OH-

Всі метали, за їхнім ставленням до електрохімічної корозії, можна розбити на 4 групи, які визначаються величинами їх стандартних електродних потенціалів:

1. Активні метали (висока термодинамічна нестабільність) - це все метали, що знаходяться в інтервалі лужні метали - кадмій (E0 = -0,4 В). Їх корозія можлива навіть в нейтральних водних середовищах, в яких відсутні кисень або інші окислювачі.

2. Метали середньої активності (термодинамічна нестабільність) - розташовуються між кадмієм і воднем (E0 = 0,0 В). У нейтральних середовищах, у відсутності кисню, що не піддаються корозії, але піддаються корозії в кислих середовищах.

3. Малоактивні метали (проміжна термодинамічна стабільність) - знаходяться між воднем і родієм (E0 = +0,8 В). Вони стійкі до корозії в нейтральних і кислих середовищах, в яких відсутній кисень або інші окислювачі.

4. Благородні метали (висока термодинамічна стабільність) - золото, платина, іридій, паладій. Можуть піддаватися корозії лише в кислих середовищах при наявності в них сильних окислювачів.

Електрохімічна корозія може протікати в різних середовищах. Залежно від характеру середовища виділяють наступні види електрохімічної корозії:

• Корозія в розчинах електролітів - в розчинах кислот, основ, солей, в природній воді.

• Атмосферне корозія - в атмосферних умовах і в середовищі будь-якого вологого газу. Це найпоширеніший вид корозії.

Наприклад, при взаємодії заліза з компонентами навколишнього середовища, деякі його ділянки служать анодом, де відбувається окислення заліза, а інші - катодом, де відбувається відновлення кисню:

A: $Fe - 2e^{—} = Fe^{2+}$

K: $O_2 + 4H^{+} + 4e^{—} = 2H_2O$

Катодом є та поверхню, де більше приплив кисню.

- Ґрунтова корозія - в залежності від складу ґрунтів, а також її аерації, корозія може протікати більш-менш інтенсивно. Кислі ґрунти найбільш агресивні, а піщані - найменш.

- Аераційна корозія - виникає при нерівномірному доступі повітря до різних частин матеріалу.
- Морська корозія - протікає в морській воді, в зв'язку з наявністю в ній розчинених солей, газів і органічних речовин.
- Біокорозія - виникає в результаті життєдіяльності бактерій та інших організмів, які б виробляли такі гази як CO2, H2S і ін., Що сприяють корозії металу.
- Електрокорозія - відбувається під дією блукаючих струмів на підземні споруди, в результаті робіт електричних залізниць, трамвайних ліній і інших агрегатів.

2 Захист металевої поверхні від корозії.

Основний спосіб захисту від корозії металу - це створення захисних покриттів - металевих, неметалевих або хімічних.

Металеве покриття наноситься на метал, який потрібно захистити від корозії, шаром іншого металу, стійкого до корозії в тих же умовах. Якщо металеве покриття виготовлено з металу з більш негативним потенціалом (активніший), ніж захищається, то воно називається анодним покриттям.

Якщо металеве покриття виготовлено з металу з більш позитивним потенціалом (менш активний), ніж захищається, то воно називається катодним покриттям.

Наприклад, при нанесенні шару цинку на залізо, при порушенні цілісності покриття, цинк виступає як анод і буде руйнуватися, а залізо захищене до тих пір, поки не витратиться весь цинк. Цинкове покриття є в даному випадку анодним.

Катодних покриттям для захисту заліза, може, наприклад, бути мідь або нікель. При порушенні цілісності такого покриття, руйнується метал який захищається.

Хімічні покриття.

В цьому випадку захищається метал піддають хімічній обробці з метою утворення на поверхні плівки його сполуки, стійкої до корозії. Сюди відносяться:

оксидування - отримання стійких оксидних плівок (Al2O3, ZnO та ін.);

фосфатування - отримання захисної плівки фосфатів (Fe3 (PO4) 2, Mn3 (PO4) 2);

азотування - поверхню металу (сталі) насичують азотом;

вороніння сталі - поверхню металу взаємодіє з органічними речовинами;

цементація - отримання на поверхні металу його з'єднання з вуглецем.

Зміна складу технічного металу також сприяє підвищенню стійкості металу до корозії. В цьому випадку в метал вводять такі сполуки, які збільшують його корозійну стійкість.

Зміна складу корозійного середовища (введення інгібіторів корозії або видалення домішок з навколишнього середовища) теж є засобом захисту металу від корозії.

Електрохімічний захист ґрунтується на приєднання до споруди що захищається, катода зовнішнього джерела постійного струму, в результаті чого воно

стає катодом. Анодом служить металевий лом, який руйнуючись, захищає споруду від корозії.

Протекторний захист - один з видів електрохімічного захисту - полягає в наступному.

До спорудження що захищається, приєднують пластини більш активного металу, який називається протектором.

Протектор - метал з більш негативним потенціалом - є анодом, а споруда що захищається - катодом. З'єднання протектора і споруди, що захищається провідником струму, призводить до руйнування протектора.

Неметалеві покриття.

Такі покриття можуть бути неорганічні (цементний розчин, склоподібна маса) і органічні (високомолекулярні сполуки, лаки, фарби, бітум).

3.Обростання корпуса та накипні утворювання.

Обростання - це наріст, утворений на занурених у воду штучних предметах поселеннями організмів (бактерій, водоростей, безхребетних тварин) і мінеральними частинками. За розмірами організми обростання ділять на мікрообрастателей (бактерії, одноклітинні організми) і макрообрастателей (безхребетні і водорості).

Рис 2 - Обростання корпусу судна.

Обростання корпусу веде до збільшення опору руху судна, а отже, до падіння швидкості (іноді на 2-3 вузла і більше). Особливо інтенсивно обростає корпус при тривалих стоянках у портах тропічних зон.

Слід розрізняти зменшення швидкості судна в результаті обростання і від корозії і ерозії корпусу - постійного і неминучого процесу старіння. Від обростання корпус очищають при періодичних докуваннях судна. Для підтримки швидкості судна з вкритий корпусом потрібне збільшення потужності дизеля за допомогою збільшення циклової подачі палива. Це призводить до теплової і механічною перевантаження деталей ЦПГ. Для надійної роботи дизеля при обростанні корпусу слід зменшити подачу палива, тобто перевести дизель на роботу на більш пологий гвинтовий характеристиці. Підвищення потужності

на валу з-за обростання корпусу необоротно, а від обростання корпусу між докованням - тимчасово.

При плаванні судна з сильно вкритий корпусом гвинтова характеристика дизеля стає все більш крутий, тобто веслувальний гвинт стає гидродинамично важким, що призводить до перевантаження дизеля.

Теплова перевантаження деталей ЦПГ дизеля при плаванні з вкритий корпусом іноді приводить до непередбачених аварійних ситуацій - пожеж в підпоршневих порожнинах та ресивері.

Це пояснюється тим, що при зростанні теплової напруженості деталей ЦПГ погіршуються умови змазування, збільшується знос циліндричної втулки і поршневих кілець і, як наслідок, відбувається прорив газів з циліндрів в підпоршневі порожнини.

Виключає від корозії та обростання підводної частини корпуса морськими організмами спеціальні фарби такі, що не обростають і само поліруючи фарби. Спеціальні з'єднання запобігають обростанню і згладжують нерівності корпусу. Само поліруючий ефект такого покриття, заснований на змиванні відпрацьованого шару фарби зустрічним потоком води, а полімерна її основа дозволяє згладжувати нерівності і шорсткість корпусу.

Перед покриттям фарбою корпус слід очистити до металу піскоструменим способом.

Рис 3 – Корпус судна після очистки.

Після цього наноситься два грунтовочних шару і три шару фарби, що не обростає і само полірується, по 100 мкм кожен. Час дії фарби прямо пропорціональне товщині шару (біля ЗО місяців в порівнянні з 8—12 місяцями при покритті звичайною фарбою), що дозволяє збільшити терміни між докуваннями. В результаті покриття судів даною фарбою досягається економія палива до 14 %. Розрахунки показують, що збільшення вартості покриття фарбою, що само

полірується, в порівнянні із звичайними, компенсується економією палива і збільшенням швидкості суден. Проти обростаюче покриття грає ключову роль в скороченні загальних експлуатаційних і комерційних витрат судна. Чистий і гладкий корпус судна безпосередньо пов'язаний з економією палива і може складати до 50 відсотків загальних експлуатаційних витрат. Крім того, висока продуктивність проти обростаючого покриття надасть масу інших переваг судновласникові, таких як, скорочення інтервалів відвідин сухого дока і зниження витрат на технічне обслуговування і як наслідок, зниження викидів парникових газів за рахунок зниження вжитку палива.

Рис 4 - Підготовлений до фарбування корпус судна.

Істотний вплив на економічні показники СЕУ надають відкладення накипу в теплообмінниках.

Накипоутворення являє собою досить складний процес кристалізації, що залежить від численних фізико-хімічних і тепломеханічних факторів. Не вдаючись в детальний розгляд механізму цього процесу, необхідно відзначити, що одне з важливих умов накипоформування - це пересичений стан розчину, що є наслідком теплових процесів. Другим, не менш важливою умовою накипоформування є утворення центрів кристалізації як безпосередньо на поверхні тепло передаючих елементів, так і в масі води. Процес утворення центрів кристалізації найлегше протікає в пристінному шарі не тільки за рахунок впливу поверхні, але і внаслідок більшої концентрації солей, яка тут досягається раніше, ніж в будь-яких інших місцях тепло-агрегату, під впливом більш інтенсивного пароутворення.

Методи боротьби з накипоформуванням можна поділити на фізичні, хімічні і фізико-хімічні, крім того, можливе використання для зменшення накипоутворення спеціальних конструкцій і матеріалів для випарників.

Співробітниками кафедри, для рішення цих проблем, був розроблений метод боротьби з накипоформуванням і обростанням кінгстонних грат з використанням вуглекислотного газу. Також була розроблена установка з використання вуглекислотного методу.

Також становить практичний інтерес використання, в якості джерела вуглекислого газу, продуктів згоряння ССЕУ.

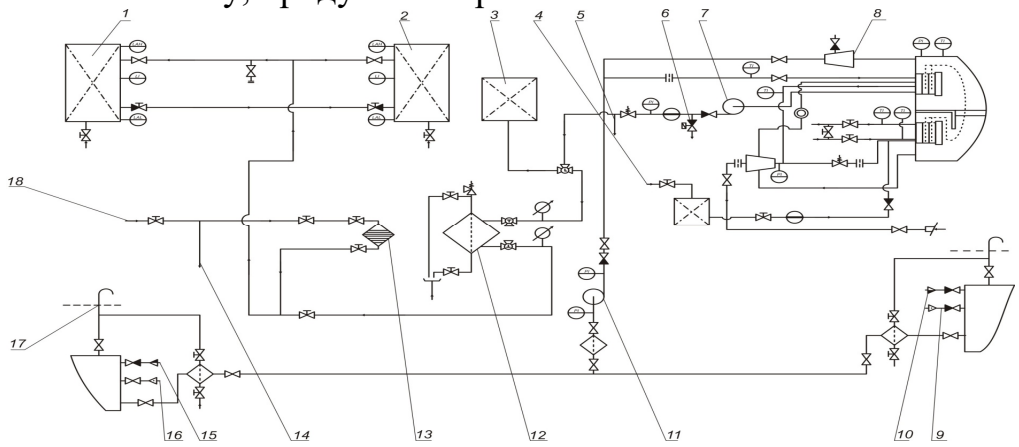


Рис 4 - Схема дообладнання суднової водоопріснювальної установки

ІНЖЕНЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТА ПРОФЕСІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА МОРІ

УДК 37(075.8)

Колегаев М.А., Бражник И.Д.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Технологическая схема модернизации системы подачи инертных газов в грузовые помещения танкеров

Эксплуатация танкера всегда подразумевает использование процесса вентиляции его грузовых трюмов при помощи инертных газов (ИГ). Все технологические контуры производства, обработки и подачи ИГ на танкерах являются универсальными. Они содержат однотипное оборудование и магистрали. По этой причине технические проблемы, возникающие при их эксплуатации, являются идентичными. Для их описания была разработана универсальная классификация. Она показана на рисунке 1.

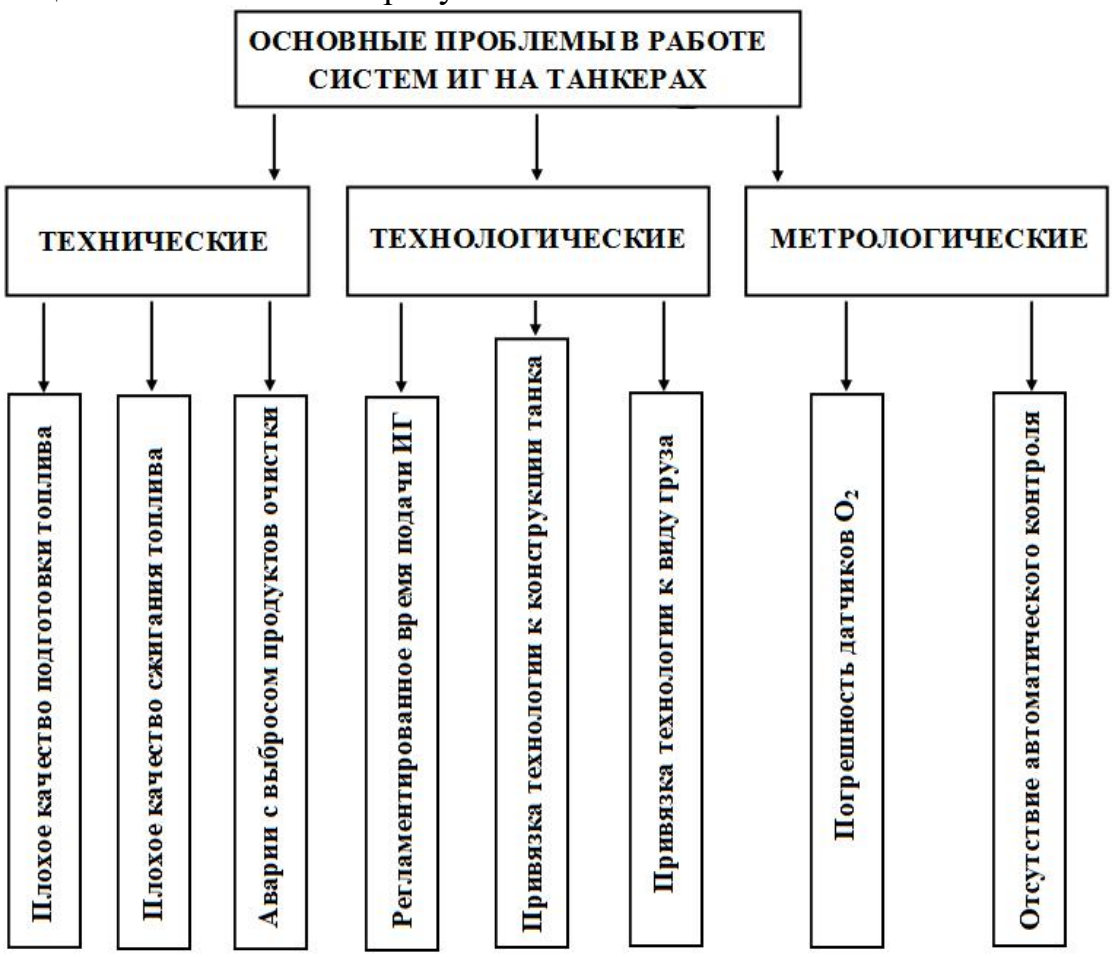


Рис.1. Классификация проблем системы ИГ на танкерах

Существует три отдельных направления, которые объединяют специфические судовые проблемы. Первое направление – техническое. Все аварийные проблемы в работе системы ИГ вызваны несовершенством конструкций используемых технических устройств. Второе направление – технологическое.

Оно определяется проектировочными просчетами или наличием сильных недостатков в используемых технологиях подачи ИГ внутрь рабочего объема грузового трюма. Третье направление – метрологическое. Оно определяется качеством используемых средств измерения и контроля. В него также входят аварии, связанные с личностным фактором со стороны экипажа танкера.

Анализ технологических недостатков в работе систем ИГ на танкерах показал, что процесс создания пожаро- и взрывобезопасной микроатмосферы внутри грузовых помещений проводится с экономической точки зрения не эффективно. Главным недостатком является большая продолжительность процесса вентиляции, что в основном вызвано несовершенством используемых технологий. Вытеснение воздуха из всего рабочего объема трюма происходит только за счет процессов естественной конвекции и диффузии. Решение этих проблем может быть достигнуто путем исследования процесса вентиляции грузовых помещений танкера за счет использования принудительных механизмов увеличения скорости процесса массообмена воздуха и ИГ.

Принудительная подача ИГ в трюм танкера для его вентиляции должна основываться на структуре движущегося с невысокими скоростями потока воздуха внутри ограничивающих его жестких стенок грузового трюма. Известно [1], что основное изменение поля течения в виде деформации эпюр скорости, завихренности и температуры наблюдается только в угловых зонах грузового трюма. По этой причине очень важной является подача струй ИГ именно в ядро восходящего воздушного потока. В этом случае турбулизация устойчивого течения в средней части рабочего объема трюма танкера будет приводить только к сокращению процесса его вентиляции.

Очень важным вопросом с точки зрения изготовления и монтажа системы принудительной подачи ИГ является количество источников струй ИГ на дне грузового трюма и угол раскрытия α их факела [2]. Меньшие углы раскрытия будут приводить к удлинению струи ИГ, а значит увеличивать зону турбулизации ядра потока воздуха по высоте трюма. Большие углы будут влиять на интенсификацию процесса тепло и массопереноса в угловых зонах нижней части грузового трюма [3]. По этой причине на стадии экспериментального изучения процесса принудительной вентиляции при помощи ИГ были использованы три технологические схемы. Они показаны на рисунке 2.

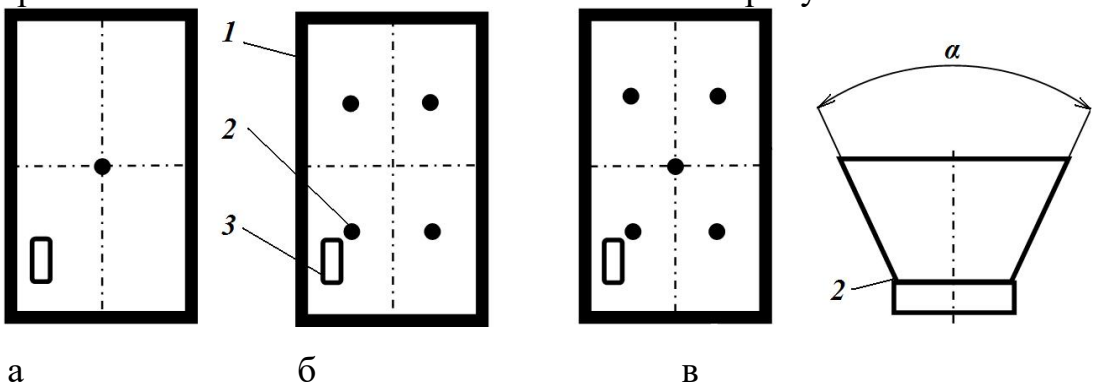


Рис. 2. Схемы подачи струй ИГ в грузовой трюм: а – первая схема;б – вторая схема;
в – третья схема. 1 – грузовой трюм; 2 – сопло подачи ИГ; 3 – выходное люковое отверстие

Первая схема содержала только один источник струи ИГ. Он располагался в центральной точке грузового трюма. В ходе экспериментов использовалось три сопла с углами раскрытия конуса факела вытекающей струи соответственно равными 160^0, 90^0 и 30^0.

Вторая схема содержала четыре источника струй ИГ. Сопла устанавливались по диагонали в центрах четырех одинаковых прямоугольных зон дна трюма. В них использовались насадки, создающие угол раскрытия конуса факела струи 30^0. Этот угол использовался для исключения взаимного влияния струй ИГ при их истечении в воздушное пространство.

Третья схема была комбинированная и показала самые высокие результаты. Количество источников струй было равно пяти. В начале процесса подачи ИГ использовались четыре источника, расположенных по краям. В них по аналогии со второй схемой использовались сопла, создающие угол раскрытия конуса факела струи 30^0. При снижении исходного значения концентрации кислорода в воздухе на 30 % подача ИГ происходила только из центрального источника струи ИГ. В нем также использовалось сопло, создающее угол раскрытия конуса факела струи равным 30^0. С началом работы центрального сопла все краевые источники подачи струй ИГ отключались.

При работе трех схем подачи ИГ в грузовой трюм были измерены значения величины концентрации кислорода. Самый лучший угол распыла ИГ соответствовал величине раскрытия сопла равной 30^0. Получаемая в этом случае концентрация кислорода внутри трюма были наименьшей. Это объясняется большей дальностью действия струи вдуваемых ИГ и соответственно увеличением зоны конвективного взаимодействия ИГ с воздухом. Установлено, что качество работы второй технологической схемы подачи ИГ по сравнению с первой схемой лучше, но наилучший результат в сокращении времени вентиляции грузового трюма был достигнут с использованием третьей технологической схемы. Выход на стационарное значение концентрации кислорода равное 8 % при принудительной подаче ИГ наблюдается приблизительно через 740 минут после начала процесса вентиляции трюма. Аналогичная величина концентрации в ходе естественной вентиляции трюма за этот период времени была больше и составляла 9,25 %. Ее выход на стационарное значение наблюдался приблизительно через 1700 минут после начала процесса вентиляции трюма.

В процентном соотношении улучшение процесса вентиляции трюма при переходе от естественной к принудительной вентиляции трюма составило 13,5 %. Сокращение затраченного времени при прочих равных условиях составило 56,47 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Elder J.W. Turbulent free convection in a vertical slot. Journal of fluid mechanics. March 2006. Volume 23. Issue 1. pp. 99-111.

2. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй – Г.Н. Абрамович. – М. : Гос. изд-во физ.-мат. лит-ры, 1960. – 715 с.

3. Абрамович Г.Н. Турбулентное смешение газовых струй / [Г.Н. Абрамович, С.Ю. Крашенников, А.Н. Секундов, И.П. Смирнова] –М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит-ры, 1974. – 272 с.

УДК 621.431.004.13-57

Мамкічев М.А.
Національний університет «Одеська морська академія»

Принципи та організація пошуку та рятування на морі

Світове морське співтовариство вживає всіх можливих заходів для зведення до мінімуму загибель суден і людей в море.

З цією метою прийнято безліч міжнародних конвенцій, кодексів, угод, національних законів та інших документів, спрямованих на забезпечення безпеки судноплавства на море і зокрема з порятунку суден і людей, що зазнають лиха.

Основні питання організації рятувальної служби та проведення рятувальних операцій на морі викладені в:

• Міжнародної Конвенції про пошук і рятування на морі 1979 р. (International Convention on Maritime Search and Rescue - SAR - 79);

• Міжнародної Конвенції з охорони людського життя на морі, СОЛАС - 74 (International Convention for the Safety of life Sea - SOLAS-74).

• Керівництві з міжнародного авіаційного та морського пошуку та рятування 1999 г. (International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual - IAMSAR);

• Угоду про співробітництво причорноморських країн з пошуку та рятування на Чорному морі та інших документах з питань морського пошуку і рятування.

Міжнародна конвенція про пошук і рятування на морі 1979 року - (International Convention on Maritime Search and Rescue) SAR - 79 пропонує сторонам задовольняти наявність в їх країнах відповідних коштів для пошуку і рятування, укладати між собою угоди про пошук і рятування, зокрема, що передбачають полегшений доступ рятувальних засобів однієї держави в територіальне море іншої держави, а також встановлювати загальні процедури для ефективного і швидкого пошуку і рятування.

Конвенція передбачає створення сторонами координаційних центрів пошуку і рятування / Rescue co-ordination centre (RCC) і допоміжних центрів пошуку і рятування / Rescue sub-centre (RSC), які призначають координатора на місці проведення операції / On-scene co-ordinator (OSC) .

За рішенням Комітету з безпеки на морі ІМО світовий океан був розділений на пошуково-рятувальні зони. У кожній із зон відповідні держави повинні встановити межі районів, в яких вони несуть відповідальність за реагування на оповіщення про бідування і проведення пошуково-рятувальних операцій / Search and Rescue (SAR).

Сторони Конвенції встановлюють системи стеження за судами / Vessel tracking - термін, що застосовується до всіх форм спостереження за судами, отриманими з різних джерел (морські судна AIS - automatic identification system - автоматична система ідентифікації, LRIT - long-range identification and tracking - ідентифікація і стеження на великій відстані, повітряні судна SAR, VMS - vessel monitoring system - система визначення місцезнаходження суден і VTS - vessel traffic services - служби обслуговування руху морських суден) в межах роботи яких всі судна повинні повідомляти про своє місцезнаходження. У разі аварії на морі така система дозволяє значно скоротити час, що витрачається на пошук судна і надання послуг по рятуванню. Ця система також допомагає надавати термінову медичну допомогу морякам на суднах.

Розвиток засобів зв'язку і технічних можливостей авіаційного та морського пошуку і рятування, необхідність більш тісного їх співробітництва в галузі організації та проведення пошуку і рятування на морі привели до того, що IMO (International Maritime Organization) - Міжнародна морська організація та ICAO (International Civil Aviation Organization) - Міжнародна організація цивільної авіації спільно прийняли «Міжнародне керівництво з авіаційного і морського пошуку та рятування» (IAMSAR - International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual), яким в даний час користуються все повітряні і морські судна.

Мета IMO і ICAO полягає в створенні глобальної всесвітньої системи SAR і її забезпеченні, з тим щоб служби SAR були доступними в будь-яких районах, в яких відбувається плавання або виконуються польоти.

З експлуатаційної точки зору глобальна система SAR ґрунтується на тому, що держави створюють свої національні системи, а потім об'єднують свої служби зі службами SAR інших держав для досягнення всесвітнього охоплення.

У будь-якій державі світу існують аварійно-рятувальні служби в тому чи іншому вигляді і різного рівня, який відповідає розвитку держави. Зазвичай пошуково-рятувальні служби звуться Search and Rescue - SAR і призначені для пошуку і проведення аварійно-рятувальних робіт.

Всі держави члени IMO і ICAO визнають необхідність участі в наданні послуг авіаційного та морського пошуку і рятування (SAR) особам, що зазнали лиха.

Надання допомоги будь-якому судну або особі, що терпить лихо, служить національним інтересам, є усталеною міжнародною практикою, заснованої на традиційних гуманітарних зобов'язання, і закріплено в міжнародному праві.

Відповідно до давніх морськими традиціями і положеннями міжнародного права капітани суден зобов'язані надавати допомогу потерпілим в море у всіх випадках, коли вони можуть це зробити безпечним способом.

Конвенція ООН з морського права 1982 р (Конвенція UNCLOS-82) говорить, що кожне прибережна держава-учасник «... сприяє організації, функціонування та утримання відповідної ефективної пошуково-рятувальної служби для забезпечення безпеки на морі і над морем, а також, коли того ви-

магають обставини , співпрацює з цією метою з сусідніми державами у вигляді взаємних регіональних домовленостей » (стаття 98/2).

Конвенція SOLAS-74 вимагає від кожної держави-учасниці «... забезпечити прийняття необхідних заходів для організації зв'язку при лихо і координації в своєму районі відповідальності, а також для рятування людей, що терплять лихо в морі поблизу його берегів. Ці заходи повинні включати створення, експлуатацію та технічне обслуговування таких пошуково-рятувальних засобів, які вважаються практично можливими і необхідними ... » (правило V / 7 Конвенції SOLAS-74).

Система пошуку і порятунку на морі і над морем SAR, як будь-яка інша система, складається з окремих компонентів, які повинні функціонувати у взаємодії з метою забезпечення служби в цілому.

Основними компонентами системи є:

• засоби забезпечення зв'язку в межах всього району пошуку і рятування / search and rescue region (SRR) і з зовнішніми службами SAR, по прийому, підтвердженню прийому та ретрансляції повідомлень про лихо на пости аварійного оповіщення;

• координаційні центри пошуку і рятування RCC - для координації роботи служб SAR по координації заходів реагування в області рятування і, якщо необхідно, доставку людей, які залишилися в живих в безпечне місце;

• допоміжні центри пошуку і рятування RSC - для підтримки координаційного центру RCC в межах його району SRR;

• засоби SAR, включаючи пошуково-рятувальні команди / search and rescue unit (SRU) зі спеціалізованим обладнанням і навченим персоналом, а також інші ресурси, які можуть бути використані для проведення операцій SAR;

• послуги з надання медичних рекомендацій, надання медичної допомоги та евакуації;

• координатор на місці проведення операції / on-scene co-ordinator (OSC) призначається в залежності від необхідності для координації дій всіх учасників на місці проведення операції;

• допоміжні засоби, які забезпечують обслуговування в підтримку операцій SAR.

Розробка системи SAR, як правило, передбачає створення районів пошуку і рятування / Search and rescue region (SRR) із забезпеченням можливостей прийому аварійних повідомлень, координації та роботи служб SAR в кожному SRR.

Кожен районів пошуку і рятування SRR пов'язаний з координаційним центром пошуку та рятування RCC. Для цілей авіації райони SRR часто збігаються з районами польотної інформації.

Межі авіаційних SRR визначені в регіональних аеронавігаційних планах / regional air navigation plan (RANP) ICAO, а кордони морських SRR визначені в Глобальному плані пошуку і рятування IMO.

Кожен район SRR володіє унікальними транспортними, кліматичними, топографічними і фізичними характеристиками. Такі фактори впливають на

вибір і склад служб, засобів, обладнання та персоналу, необхідних для кожної служби SAR.

За організацію ефективного пошуку і рятування судна, що зазнало аварії, і координацію проведення пошуково-рятувальних операцій в межах певного пошуково-рятувального району SRR несе відповідальність Координаційний центр пошуку і рятування RCC, закріплений за даними районом SRR.

До кожного району SRR і RCC прикріплені одна або кілька берегових радіостанцій, в функції яких входить прийом і передача сповіщення про лихо і зв'язок для координації проведення пошуково-рятувальних операцій. Кожна станція має надійний телефонний і телексну зв'язок з RCC.

Така організація чітко визначає, хто несе головну відповідальність за координацію заходів реагування на аварійні ситуації в кожному районі світу, проте не обмежує будь-кого в наданні допомоги потерпілим.

Система SAR не може бути організованою і ефективною без управління і підтримки.

У Керівництві IAMSAR, що складається з 3-х томів, містяться керівні принципи спільних підходів морських суден і авіації до організації та проведення пошуково-рятувальних операцій.

Керівництво IAMSAR включає інформацію про:

- координації пошуково-рятувальних робіт;
- діях судів, що терплять лихо;
- діях судів і вертольотів, які надають допомогу; плануванні і проведенні пошуку;
- зв'язку;
- аварійних ситуаціях повітряних суден в море; стандартних формах повідомлення для випадку пошуку і рятування;
- маневрах в разі «людина за бортом».

Керівництво IAMSAR ділить район лиха на дві категорії: прибережний, в якому допомогу судну, що терпить лихо, може бути надана з судів, літаків, вертольотів, і океанський, в якому допомога може бути надана з літаків і суден, при цьому в найбільш віддалених районах допомогу може бути надана тільки з судів, що знаходяться поблизу.

Кожен том керівництва IAMSAR написаний з урахуванням специфічних функцій системи пошуку і рятування і може використовуватися як окремий документ або спільно з двома іншими томами.

Том I - «Керівництво з організації та управління» - розглядається концепція глобальної системи пошуку і рятування, створення і поліпшення національних і регіональних систем пошуку і рятування, співпраця з сусідніми державами і забезпечення ефективної та економічної служби пошуку і рятування.

Том II - «Координація операцій» - розглядається планування та координація операцій і навчань з пошуку і рятування.

Том III - «Рухливі засоби» - розглядається проведення пошуку, рятування, координації дій на випадок надзвичайних ситуацій, в тому числі і на самих рухомих рятувальних засобах.

Цей том повинен знаходитися на борту всіх повітряних і морських суден (Конвенція SOLAS-74 Глава V Правило 21) і використовуватися в якості допомоги по здійсненню функцій пошуку, рятування або координатора на місці проведення операції / On-scene co-ordinator (OSC), а також завдань в разі власних аварійних ситуацій.

Основна мета тритомного Керівництва IAMSAR допомогти країнам у забезпеченні їх власних потреб з пошуку і рятування та виконанні зобов'язань, які вони взяли на себе в рамках Конвенції Міжнародної цивільної авіації, Міжнародної Конвенції про пошук і рятування на морі (SAR - 79) і Міжнародної Конвенції з безпеки людського життя на морі (SOLAS-74), а також забезпечити керівництвом тих, хто може попросити допомогу або може її надати.

Кабінет Міністрів України Постановою від 24 лютого 2016 року №158 прийняв рішення «Про відновлення єдиної системи пошуку і рятування на морі» (ЕСПСМ). Це рішення дозволило вирішувати завдання забезпечення виконання міжнародних зобов'язань України як члена ІМО, держави прапора і прибережного держави, здійснення процедур з охорони людського життя на морі, організації пошуку і рятування на морі в пошуково-рятувальному районі у відповідність до міжнародних договорів і документами, стороною яких є Україна.

Для забезпечення узгодження дій центральних і місцевих органів влади, підприємств, установ і організацій з питань, пов'язаних з функціонуванням і розвитком системи пошуку і рятування в морському пошуково-рятувальному районі України Кабінет Міністрів України 16 листопада 2016 р № 830 утворив Координаційний комітет з пошуку і рятування на море.

Організаційно-технічне забезпечення та керівництво діяльністю Комітету здійснює Мінінфраструктури за участю казенного підприємства «Морська пошуково-рятувальна служба» (КП «МПРС»).

Головне завдання МПРС - несення постійної пошуково-рятувальної служби для оперативного рятування людей, надання їм невідкладної медичної допомоги та евакуації в безпечне місце.

Структурним підрозділом Казенного підприємства «Морська пошуково-рятувальна служба» є Державний морський рятувально-координаційний центр (ДМРКЦ) в м. Одесі, основними функціями ДМРКЦ є:

• прийом, підтвердження прийому і ретрансляція повідомлень про лихо;

• координація заходів реагування пошуку і рятування (SAR);

• проведення операцій з пошуку та рятування (SAR).

Для максимального покриття морського пошуково-рятувального району відповідальності України, функціонує допоміжний морський рятувальний підцентр (МРПЦ) в м Бердянськ, який підпорядковується ДМРКЦ.

Основне функції МСПЦ м. Бердянськ є:

• організація ефективного проведення і координації пошуково-рятувальних операцій в регіоні Азовського моря;

• координація робіт з пошуку і рятування із задіянням спеціалізованих пошуково-рятувальних одиниць МПРО, рятувальних засобів інших відомств і судів, що знаходяться в районі.

МСПЦ в м Бердянськ має оснащення відповідно до вимог IMO (COMSAR Circ.37 / 28 February 2005) і обладнаний системою спостереження за надводною обстановкою на базі AIS. МРПЦ працює в безпосередній взаємодії з береговими радіоцентрами (БРЦ / CRS) КП м. Бердянськ та м. Маріуполь, що дозволяє забезпечити оперативне прийняття й оброблення сигналів лиха в форматі ЦІВ ДВЧ. Зв'язок ГМССБ / GMDSS: 16 канал ДВЧ, Бердянськ РКЦ.

До складу SAR України входять берегові радіостанції CRS.

Берегові радіостанції CRS морських районів А1, А2 ГМССБ / GMDSS г. Одесса. Функціонують з 2003 року і відповідають вимогам Резолюції IMO A.801 (19). Дані по CRS: MMSI 002723660; позивний - Одеса СКЦ (ODESA RCC): координати 46º22'39 " пн. Ш. і 30º44'52"в. д. (передавальний радіоцентр); дальність дії: А1 - 23 морські милі, А2 - 200 морських миль, (виняток - зони радіо тіні). Телефон: +38 (048) 237-60-07; Мобільний телефон: +38 (067) 487-32-41; e-mail: odsbrc@sar.gov.ua.

Організаційно-технічне забезпечення стійкої і надійної зв'язком, в даній частині морського пошуково-рятувального району України (частини Азовського моря), здійснює структурний підрозділ підприємства - Береговий радіоцентр ГМССБ / GMDSS м. Бердянськ.

БРЦ ГМССБ / GMDSS м. Бердянськ забезпечує безперервне спостереження і чергування в режимі радіотелефонії на частоті 156.8 МГц (16-й канал ДВЧ діапазону МПС), в режимі цифрового виборчого виклику (ЦІВ) на частоті 156.525 МГц (70-й канал ДВЧ МПС). Крім того, БРЦ ГМССБ / GMDSS м. Бердянськ використовує додатково виділений дуплексний (робочий) 85 канал ДВЧ діапазону МПС (радіочастота передачі берегової станції -161.8750 МГц; радіочастота передачі суднових станцій - 157.2750 МГц).

Морської пошуково-рятувальний район України становить близько 137 тис. Км2, що є приблизно чвертю сухопутної території держави.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Конвенція ООН з морського права 1982 р (Конвенція UNCLOS-82).
2. Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі International Convention for the Safety of life Sea), SOLAS-74.
3. Міжнародна конвенція про пошук і рятування на морі 1979 р. (International Convention on Maritime Search and Rescue - SAR - 79).
4. Керівництво з міжнародного авіаційного та морського пошуку та рятування. IAMSAR. Тома I, II, III. Видання десята, 2016. Канада. ISBN 978-92-9258-130-5
5. Матеріали Державного морського рятувально-координаційного центру у м Одесі. 25 червня 2014 р
6. Годованюк С. IL Селіванов С. Е Формування вигляду єдиної системи пошуку і рятування на морі. Концепція розвитку КП «Морська пошуково-рятувальна служба України». Морський та річковий транспорт. № 2 (15), 2016.

УДК 621.431.004.13-57

Мамкічев М.А.
Національний університет «Одеська морська академія»

Нагляд за дотриманням морськими судами вимог ІМО і національного законодавства

Крім прийняття документів з безпеки мореплавання, ІМО рекомендує державам-членам організації посилити в своїх портах контроль виконання вимог Міжнародних конвенцій, кодексів, стандартів і правил усіма судами, які заходять в порти.

До теперішнього часу, фактично, склалися дві лінії державного контролю судноплавства: Контроль з боку держави прапора (Flag State Control - FSC) - за своїм національним флотом і Контроль з боку держави порту (Port State Control - PSC) - за іноземними судами, які відвідують порти даної держави.

Основна відповідальність за відповідність судна міжнародним стандартам безпеки лежить на державі, де це судно зареєстровано, тобто на державу прапора. Саме воно є відповідальним за стан судна, кваліфікацію екіпажу. Але найчастіше держава прапора не в змозі проконтролювати свої судна, у зв'язку з їх рідкісними заходами в порти приписки. Тут на допомогу приходить контроль з боку держав порту заходу судна.

З тим щоб судна всіх держав прапора відповідали міжнародним правилам і нормам, Резолюцією А. 1070 (28) від 4.12.13 року ІМО прийняла до обов'язкового виконання «Кодекс щодо здійснення документів ІМО» (Кодекс ОДІ). Попередня редакція 2011 р втрачає силу.

У кодексі чітко визначені обов'язки Держави прапора, Прибережних держав, Держави порту, вимоги до Інспекторам контролю суден і осіб, які надають їм допомогу, а також загальні вимоги до розслідування аварій, що проводяться державою прапора.

У преамбулі Кодексу зокрема вказується: учасники відповідних Міжнародних конвенцій, в частині процесу ратифікації, погодилися нести повну відповідальність і виконувати свої зобов'язання на підставі конвенцій та інших документів, учасниками яких вони є; держави несуть основну відповідальність за встановлення належної та ефективної системи, що дозволяє здійснювати контроль морських суден, що мають право плавати під їх прапорами, і за забезпечення того, щоб ці судна відповідали міжнародним нормам і правилам, що стосуються безпеки та охорони на морі і захисту морського середовища.

Для того щоб дотримання Кодексу ОДІ стало обов'язковим Комітет з безпеки на морі і Комітет із захисту морського середовища розробили вимоги по зміні ряду конвенцій, а саме Міжнародної конвенції з охорони людського життя на морі 1974 року, Протоколу 1988 року до Міжнародної конвенції про вантажну марку 1966 року , Міжнародної конвенції по запобіганню забрудненню з суден 1973 року, зміненої Протоколом 1978 року до неї, Протоколу 1997 року стосовно зміну Міжнародної конвенції по запобіганню забрудненню з суден 1973 року, зміненої Протоколом 1978 року до неї, Міжнародної конвенції про

підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року. Зміни вступили в силу до 01.01.2016.

Метою Кодексу ОДІ є підвищення безпеки на морі, поліпшення захисту морського середовища на глобальному рівні та сприяння державам у здійсненні документів Організації, які відносяться: до безпеки людського життя на морі; до запобігання забрудненню із суден; до стандартів підготовки моряків, видачі їм дипломів та несення вахти; до вантажну марку; до обмірювання суден; до правил попередження зіткнень суден в морі.

З метою ефективного виконання своїх обов'язків і зобов'язань держави прапора повинні шляхом прийняття національного законодавства і рекомендацій впроваджувати принципи, що сприяють здійсненню і забезпечення виконання вимог всіх конвенцій і протоколів, створення ресурсів і процесів, що стосуються безпеки та запобігання забрудненню, що дозволяють управляти програмою безпеки і захисту навколишнього середовища.

Тільки по відношенню до суден, що мають право плавати під її прапором, держава прапора, надаючи визнаної організації повноваження діяти від його імені при огляді, перевірках, видачі свідоцтв та документів, нанесенні вантажних марок на суду і виконанні іншої роботи, необхідної на підставі конвенцій Організації або на підставі його національного законодавства, має регулювати надання повноважень відповідно до застосовних вимог міжнародно-правових актів.

Ніяка держава прапора не повинен зобов'язувати свої визнані організації застосовувати до інших суден, будь-яка вимога, що відноситься до їх класифікаційними правилам, вимогам, процедурам або виконання інших процесів оглядів, що виходить за рамки вимог конвенцій і документів Організації.

Держава прапора має розробити і здійснювати програму контролю і спостереження, залежно від того, що може бути застосовано, з тим щоб:

• забезпечити проведення швидкого і ретельного розслідування аварій, інформуючи, при необхідності Організацію;

• забезпечити збір статистичних даних для аналізу тенденцій з метою виявлення проблемних областей;

• своєчасно вживати заходів щодо недоліків і передбачуваних інцидентів, пов'язаних із забрудненням, про які було повідомлено державами порту або прибережними державами.

Роль і обов'язки держави порту щодо безпеки на морі та захисту навколишнього середовища випливають із сукупності міжнародних договорів, конвенцій, національного законодавства, а також, в ряді випадків, з двосторонніх і багатосторонніх угод.

Такі права, зобов'язання і обов'язки, серед іншого, можуть включати: забезпечення належних приймальних споруд, або ємностей для прийому всіх відходів, які регулюються згідно з документами Організації; контроль суден державою порту; ведення реєстрації постачальників рідкого палива.

ІМО зобов'язують держави порту не надавати країнам, які не є учасниками цих конвенцій, більш сприятливого режиму, ніж той, який надається учасникам цих документів.

У Кодексі вказуються вимоги до Інспекторам держави прапора і права та обов'язки прибережних держав. Контроль суден державою порту повинен виконуватися тільки уповноваженими і кваліфікованими інспекторами контролю суден державою порту згідно з відповідними процедурами, прийнятим Організацією.

На інспекторів контролю суден державою порту і надають їм допомогу осіб не повинно чинитися комерційного, фінансового або іншого тиску, і вони не повинні мати комерційного інтересу щодо порту, в якому проводиться перевірка, чи щодо перевіряються судів, судноремонтних підприємств або допоміжних служб в порту чи іншому місці; вони також не повинні працювати в визнаних організаціях або класифікаційних суспільствах, або виконувати роботу від їх імені.

Контроль з боку держави прапора (Flag State Control - FSC) здійснюється під юрисдикцією національних морських Адміністрацій.

Контроль з боку держави порту (Port State Control - PSC) здійснюється в рамках регіональних міжурядових угод, які отримали назву Меморандумів про взаєморозуміння з контролю з боку держави порту (MOU on PSC).

Участь держав у Меморандумах дає можливість Морським Владі не тільки координувати роботу по усуненню субстандартних судів (суду, що не відповідають встановленим стандартам безпеки на водному транспорті), а й захищати інтереси судновласників від можливих надмірних вимог, впливати на формування політики в області судноплавства в регіонах дії Меморандумів . Їх досить багато. Ось деякі з них: Паризький меморандум про взаєморозуміння щодо контролю суден державою порту (Paris Memorandum Of Understanding on Port State Control), Чорноморський меморандум про взаєморозуміння і контролі судів державою порту »(The Black Sea Memorandum of Understanding on Port State Control),« Карибський меморандум про взаєморозуміння щодо контролю суден державою порту »(CMOU),« Токійський меморандум про взаєморозуміння щодо контролю суден державою порту »,« Середземноморський меморандум про взаєморозуміння »та інші.

Україна входить в «Чорноморський меморандум про взаєморозуміння і контролі судів державою порту».

Все Меморандуми мають одну спільну мету - забезпечення безпеки мореплавання, захист навколишнього середовища, припинення експлуатації субстандартних суден.

Кожна з Морських Властей держав того чи іншого меморандуму, повинна підтримувати ефективну систему контролю суден з боку держави прапора і державою порту для того, щоб всі торгові судна, що заходять в порт або знаходяться на якірній стоянці біля такого порту, без будь-якої дискримінації задовольняли вимогам , що містяться в міжнародних конвенціях.

Завдання країн міжнародного морського співтовариства в частині виконання зобов'язань по контролю суден державою прапора (FSC) визначені Конвенцією ООН з морського права (UNCLOS-82, ст. 94 і 217). Другим правовим документом FSC є Кодекс торговельного мореплавства.

ІМО в листопаді 1995 р на 19 Асамблеї прийняла Резолюцію А. 787 (19) «Процедури контролю суден державою порту».

У цьому документі підтверджується бажання ІМО «... забезпечити, щоб судна завжди відповідали стандартам безпеки на морі і стандартам щодо запобігання забрудненню, які запропоновані відповідними конвенціями ...».

У зв'язку з цим визнається «... необхідність держав порту, при знаходженні в їх портах іноземних суден, не тільки контролювати їх відповідність стандартам безпеки та запобігання забрудненню, але також і оцінювати здатність суднових екіпажів виконувати свої обов'язки щодо експлуатаційних вимог ... ».

Якщо сама резолюція А. 787 (19) встановлює правовий статус контролю суден, то додаток до неї - «Процедури контролю суден державою порту» - є керівництвом для дій при виконанні контролю.

У процедурі контролю суден державою порту використані всі головні принципи і положення, які містяться в регіональних угодах. Разом з цим, багато хто з цих положень отримали подальший розвиток за рахунок доповнень, вдосконалення формулювань, введення необхідної деталізації та конкретності.

У документ увійшли також і нові положення, зокрема, щодо посилення контролю заходів щодо запобігання забруднення навколишнього середовища.

Крім предмета і порядку проведення перевірок, «Процедури контролю суден державою порту» обумовлюють і супутні питання, наприклад, взаємини інспектора і екіпажу, перевірку інформації, обмін інформацією, реагування держав прапора та інші питання.

Таким чином, «Процедури контролю суден державою порту» - це основний документ, який регламентує цілі і правила проведення інспекцій судів.

Однак, хоча цей документ побудований так, що майже всі вказівки, що містяться в ньому адресовані до одного боку (а саме, до інспекторів і портової влади держав порту), він не менш важливий і для іншої сторони - для самих суден, які перевіряються. Уважне ознайомлення зі змістом документа дозволить адміністрації судна отримати досить детальні відповіді на питання «Що може бути перевірено?», «Як буде перевірятися?», «Що можна очікувати в результаті перевірки?» і т.п., та здійснити запобіжні заходи.

Тому «Процедури контролю суден державою порту» [спільно з Резолюцією ІМО А. 787 (19), яка впроваджує цей документ] повинна бути обов'язкової настільною книгою на кожному судні, а її зміст корисно відновлювати в пам'яті перед заходом в порт.

Таким чином, система контролю виконання конвенційних вимог на судах має чітку правову основу.

Як мінімум, при контролі судна повинно бути перевірено відповідність таких документів: «Міжнародної конвенції про вантажну марку 1966 року» та Протоколу 1988 року, СОЛАС-74, МАРПОЛ-73/78, ПДМНВ-78 з поправками, МППСС-72, журналу нафтових операцій, свідоцтва про мінімальний склад екіпажу. Перевіряються також свідоцтво про безпеку по конструкції, обладнання та постачання, вантажна книга, сертифікати компетенції екіпажу (робочі дипломи, свідоцтва) і т.д. Інспекція перевіряє документи, сертифікати, оглядає судно, перевіряє умови життя і роботи екіпажу (Конвенція Міжнародної ор-

ганізації праці N 186 2006 року «Про працю в морському судноплавстві», Женева. 23.02.06).

Основні обов'язки по контролю суден в портах заходу несе Капітан порту і Інспекція державного нагляду порту (ІГНП), яку він очолює.

Капітан морського торгового порту - особливе посадова особа в структурі управління, на яке персонально покладаються повноваження і функції щодо здійснення державного нагляду і забезпечення безпеки мореплавства і порядку в порту.

В Інспекції державного нагляду порту (ІДНП) входять: відділ інспекції, лоцманська служба, служба управління рухом суден (СУРС), дипломно-паспортний відділ і т.д.

ІДНП здійснює державний нагляд за дотриманням міжнародних договорів, які стосуються торговельному мореплаванню, і законодавства про торговельне мореплавство; за охороною людського життя на морі; за дипломуванням членів екіпажів суден, за винятком членів екіпажів суден, що використовуються для промислу водних біологічних ресурсів; державної реєстрації суден та прав на них; за лоцманської службою і системою управління рухом суден в морських портах; за рятувальною службою та взаємодією її з іншими рятувальними службами; за стану морських шляхів; за забезпеченням захисту морського середовища.

В Інструкції про випуск суден в море капітанами морських торговельних портів, зокрема, йдеться:

1. «Кожне судно перед виходом у море підлягає перевірці ІДНП з метою встановлення його морехідного відповідності чинним національним та міжнародним договорам, постановам, правилам, що стосуються безпеки мореплавання»;

2. Кожне судно до виходу з морського порту зобов'язане отримати дозвіл Капітана морського порту на вихід з морського порту;

3. За всіма порушеннями і недоліками, виявленими під час перевірки, що перешкоджає випуску судна в море, складається Акт - припис;

4. У видачі дозволу на вихід судна з порту може бути відмовлено у випадках:

• невиконання судном вказівок Інспекції портового нагляду про усунення порушень і недоліків, виявлених під час перевірки і зазначених в акті-приписі;

• відсутності необхідних суднових документів, невідповідності цих документів фактичним даним, а також закінчення терміну їх дії до закінчення рейсу;

• відсутність у командного складу судна відповідних дипломів або кваліфікаційних свідоцтв;

• Не укомплектованості екіпажу відповідно до Положення про мінімальний склад екіпажу, при якому допускається вихід судна в море;

• перевантаження судна понад установлені норми;

• прийому на борт судна пасажирів понад норму, зазначеної в пасажирському свідоцтві;

• наявності крену судна понад 5 °, а також диферента на ніс, якщо цей диферент не передбачений конструкцією судна;

• водотічності корпусу судна, недостатній герметичності палубних закриттів, водопроникних дверей і клінкетів;

• несправності або некомплектність закриттів вантажних люків;

• не закріплення палубного вантажу і коли судно не приведено в похідне стан;

• захаращення рятувальних засобів, проходів в районі вимірювального трубок, пожежних ріжків і водостічних отворів, а також засобів боротьби за живучість судна і місць посадки людей в рятувальні засоби палубним вантажем, тарою, предметами суднового постачання та іншим майном;

• знаходження на борту судна осіб, які не мають спеціального дозволу або встановлених документів на вихід в рейс;

• відсутність повного комплекту аварійного, протипожежного майна і рятувальних засобів відповідно до діючих норм;

• непідготовленість екіпажу до боротьби за живучість судна; обстановки, що перешкоджає безпечному руху суден в порту і портових водах;

• невідповідності району і умов плавання обмеженням, зазначеним в суднових документах.

4. При складних гідрометеорологічних умовах на момент відходу можливість виходу судна в море визначається спільно капітаном судна та капітаном морського торгового порту з урахуванням потужності головних двигунів, міцності його корпусу, прогнозу погоди і інших чинників.

Інспектор ІДНП, беручи до уваги вищезазначене, свій професійний досвід моряка, а також виконуючи вимоги керівних документів і зобов'язаний визначити ступінь виявлених недоліків і порушень, вказавши в Акті - приписі тільки ті, які перешкоджають безпечної експлуатації судна і загрожують життю моряків.

Складання Акту не призводить до затримання судна, а тільки наказує капітанові усунути зазначені недоліки до виходу судна в море.

Витрати, пов'язані із здійсненням капітаном морського порту прав, передбачених цією статтею, несе судновласник.

Інспекції судів державами порту - це дієвий важіль, змушує судновласників найкращим чином виконувати покладені вимоги щодо забезпечення безпеки на морі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Конвенція ООН з морського права (UNCLOS-82, ст. 94 і 217).
2. Резолюція А. 1070 (28) від 4.12.13 року про прийняття до обов'язкового виконання Кодексу щодо здійснення документів ІМО (Кодекс ОДГ).
3. Резолюцію А. 787 (19) листопаді 1995 р про прийняття до обов'язкового виконання Процедур контролю суден державою порту.
4. Кодекс торговельного мореплавства.
5. Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі 1974 року.

6. Міжнародна конвенція по запобіганню забрудненню з суден 1973 року, змінена Протоколом 1978 року до неї.
7. Протокол 1997 року стосовно зміну Міжнародної конвенції по запобіганню забрудненню з суден 1973 року.
8. Міжнародна конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року.

УДК 629.12:629.1.01:532.536

Афтанюк В.В., Даниленко Д.В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Аналіз тенденцій розвитку скруберних технологій для очистки викидних газів суднових енергоустановок

В жовтні 2016 року на щорічній нараді Міжнародної морської організації, було прийняте рішення про встановлення термінів початку виконання вимог скорочення викидів з 1 січня 2020 року вмісту сірки у мазуті, що використається суднами. Нові вимоги потребують максимальний вміст сірки 0,50% в 2020 році проти 3,5% які допустимі сьогодні. Не вважаючи на протидію судновласників, які стверджують що виконання вимог що до скорочення вмісту до 0,50% призведуть до зросту капіталовкладень на 10 млн. Дол. США на одне судно, секретар ІМО Кіток Лім, в інтерв'ю журналу «Морські репортери та інженерні новини», зробив заяву: «Що вступ обмежень сірки в маслах до 0,50% не може, та не буде відстрочені. Були проведені необхідні дослідження про доступність ресурсів виконання вимог.»[1]

Починається збір даних про споживання мазуту.

З 1 січня 2019 року судна площею 5000 тон і вище повинні починати збір даних про споживання паливно-мастильного матеріалу згідно з вимогами щодо збору обов'язкових даних, які набули чинності у березні 2018 року.

Положення Програми MARPOL Додатка VI щодо збору та звітування даних про споживання паливного масла в суднах вимагає, щоб судна валовою місткістю 5 000 тон і вище збирали дані про споживання для кожного типу мазуту, який вони використовують, а також інші, додаткові, в тому числі дані про транспортні роботи .

Агреговані дані повідомляються державі прапора на кожен календарний рік, і держава прапора, визначивши, що дані було повідомлено у відповідності до вимог, видає суднові заяви про відповідність. Держави прапора зобов'язані згодом передати ці дані до бази даних ІМО щодо споживання мазуту. ІМО зобов'язана підготувати щорічний звіт до МЕРС, узагальнюючи зібрані дані.

Система збору даних є однією з заходів, які будуть підтримувати виконання ІМО Ініціативи ІМО зі скорочення викидів ПГ від суден, прийнятої у 2018 році. Судна, охоплені цим положенням, становлять приблизно 85% від загального обсягу викидів CO_2 від міжнародного судноплавства. Система збору даних призначена для підтримки трьохетапного підходу до вирішення питання

викидів CO_2 від міжнародного судноплавства: збір даних, аналіз даних, а потім прийняття рішень про необхідність подальших заходів.

Також 1 січня 2019 року набули чинності зміни до Додатка VI MARPOL для позначення Північного моря та Балтійського моря як зони контролю викидів (ECA) для оксидів азоту (NO_x).

Обидві ЕКА почнуть діяти з 1 січня 2021 року і призведуть до значно менших викидів NOx від міжнародних перевезень у цих морських районах.

У зонах контролю викидів NOx судна підлягають так званому контролю Tier III для обмеження викидів NOx.

Очікується, що поправка набуде чинності 1 березня 2020 року і, серед іншого, змінить форму Міжнародного сертифіката щодо запобігання забрудненню повітря (сертифікат IAPP), таким чином, що він визначає, що для судна без затвердженого еквівалентного домовленості. Вміст сірки в мазуті, що перевозиться для використання на борту судна, не повинен перевищувати 0,50% м / м, як це зафіксовано у записці на постачання бункера.

Примітка про доставку бункера повинна містити декларацію, підписану та завірену представником постачальника мазуту про те, що паливо, що постачається, відповідає правилу 18.3 MARPOL Додаток VI і що вміст сірки в мазуті не перевищує:

• межа за межами ECAS (в даний час 3,50%, зниження до 0,50% з 1 січня 2020 року) згідно з положенням 14.1;

• межа в зонах контролю викидів (0,10% м / м) відповідно до положення 14.4; або

• вказане граничне значення покупця на основі повідомлення покупця про те, що мазут призначений для використання: 1. у поєднанні з еквівалентними засобами відповідності; або 2. підлягає відповідному звільненню судна для проведення випробувань для дослідження скорочення викидів оксидів сірки та контролю технологій. Ліміт 0,10% м / м застосовується в чотирьох встановлених ECAS: області Балтійського моря; район Північного моря; район Північної Америки (що охоплює визначені прибережні райони від США та Канади); а також у районі Карибського моря США (навколо Пуерто-Ріко та Віргінських островів США).

У жовтні 2018 року Комітет з захисту морського середовища ІМО (МЕРК) ухвалив додаткову поправку до Додатка VI MARPOL, яка забороняє перевезення невідповідного мазуту для цілей спалювання для руху або експлуатації на судні - якщо судно не має еквівалент відповідності. [2]

Проблема забезпечення несірчаними мастилами потреб Світового флоту, якій нараховує десь 60 000 судів на всьому виробничому просторі, може бути вирішена завдяки своєчасному підготуванню ефективних альтернатив що технологій скруберної очистки вихлопних газів, яка дозволяє вирішувати питання відповідності вимогам Конвенції MARPOL. Найбільш зацікавленим сегментом признані пасажирські судна, які мають путі переміщення у більш екологічних регіонах та судна, які експлуатуються більше п’яти років.

В якості альтернативи можна застосувати систему очищення вихлопних газів для зниження загального викиду оксидів сірки допоміжним і головним

пропульсивними двигунами суден, що підраховується як сумарна маса викиду оксидів сірки [3]. Суднові системи очистки викидів від сполук сірки дозволяють продовжувати використовувати важкі мазути замість більш дорогого малосірчистого палива та відповідати вимогам нормативів Міжнародної морської організації, які діють в "зонах особливого контролю викидів" з 2015 року, і набудуть чинності в цілому світі - у 2020 році. Міжнародна морська організація (IMO) виступає з ініціативою сприяти ефективному використанню енергії на судах як з конструктивної точки зору, так і при їх експлуатації. Тому провідними виробниками суднових двигунів (MAN Diesel, Wärtsilä та ін.) ведуться розробки та вдосконалення скруберних систем очистки SOx. Для поліпшення технології очищення рекомендується використання комбінованих скруберів (Hybrid Scrubber System) [4], в яких в одному апараті реалізуються послідовно декілька способів очистки вихлопних газів від SOx.

Для утилізації димових газів головних та допоміжних котлів на нафтоналивних суднах використовують спеціальні системи до складу яких входять скрубери-охолоджувачі. Принцип дії утилізаційної системи полягає в охолодженні відпрацьованих газів з одночасною очисткою їх від незгорілих вуглеводнів (сажі) в контактних охолоджувачах – скруберах, що прокачують забортною водою. В скруберах додатково досягається достатньо висока ступінь (не менш 90%) очистки котельних газів від сполуки сірки, які можуть міститься в газі, що утворюється при спалюванні котельних сірчистих мазутів. Існує декілька характерних систем цієї групи. В кожній з них використані скрубери – охолоджувачі різної конструкції. Так у системі фірми «Фредрикстад мек. Веркстед» (Норвегія) встановлений контактний скрубер – охолоджувач виготовлений із нержавіючої сталі, та складається з камери попереднього охолодження і основного блоку. Камера попереднього охолодження призначена для зменшення температури газів до 100ºС. В цій камері здійснюється очистка газів від двоокису сірки і сірчаної кислоти забортною водою, які потім видаляються за борт. Подальше охолодження газу відбувається в основному блоці до температури 2-3° С, вище температури охолоджувальної забортної води. Верхня частина скрубера обладнана циклонним сепаратором для видалення крапельної вологи з охолодженого газу.

В деяких випадках систему утилізації димових газів обладнують додатково спеціальною обробкою – осушення та видалення з газів сполуки сірки Характерними особливостями цих систем (виробник компанія «Холмес» Великобританія) є: – встановлення спеціального охолоджувача інертних газів, що прокачується робочою водою від холодильної установки та забезпечує осушення їх перед подаванням в вантажні танки і зменшення точки роси; – наявність газових поглиначів і нейтралізаторів сірчаної кислоти, що встановлені в дренажній системі скрубера. Скрубери можуть бути встановлені на нові судна, а також на існуючих судах. На нові судна є повна свобода, щоб установити компоненти. Крім того, є умови для подальшої модернізації скруберів. [5]

Скрубер, що є одним з компонентів даної системи, видаляє азот і тверді частинки з вихлопних газів, використовуючи струменя води. Сепараторне рішення від компанії Альфа Лаваль призначене для подальшого очищення цієї

води таким чином, щоб вона не перешкоджала процесу РВГ, і одночасно забезпечує дотримання директиви ІМО по чистоті води, що скидається за борт.

Узагальнюючи наведений огляд тенденцій розвідку скруберних технологій для очистки викидних газів суднових енергетичних установок, напевно можна стверджувати наступне: на даний час, для виконання вимог з обмеження шкідливих викидів, під час експлуатації морського транспорту, є найбільш перспективною у порівнянні з іншими заходами, що підтверджується практичним досвідом та визнано світовими виробниками. Зростання ефективності скруберних технологій та нарощення можливостей керування процесами досконало досліджується за допомогою математичних моделей та потребує наукоємних впроваджень до умов використання, з урахуванням потреб енергетичних систем на морських суднах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Новые нормы очистки выхлопных газов в судоходстве: аналитика EGCSA. http://seafarers.com.ua/ships-opt-for-scrubbers-egcsa/15312/
2. Bunker delivery note amendments enter into force assulphur 2020 requirement looms(http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/01-MARPOLamendments01012019.aspx)
3. Новые правила морского топлива: решения для скрубберов. https://ru.marinelink.com/news/
4. Сокращая выбросы с морских судов. http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/01-MARPOLamendments01012019.aspx/
5. Ладыгичев М.Г., Бернер Г.Я. Зарубежное и отечественное оборудование для очистки газов: Справочное издание. –М.: Теплотехник, 2004. – 696 с.

УДК 378.330.341

Приходько К.О., Сваричевська А.П.
Національний університет «Одеська морська академія»

Концепція реструторізації системного навчання синтетичних дисциплін виробничої безпеки з урахуванням динамічних змін умов праці

Важливою складовою забезпечення безпеки мореплавання є управління та розвиток культури безпеки в морській індустрії. Безпека може бути забезпечена в тому випадку, якщо персонал організації має певні компетенції. Таким чином, культура безпеки це філософія, яка підтримується на практиці знаннями, уміннями та навичками, які формуються на базі освіти та є основою саморозвитку кожного окремого індивіда у системі загального фунціювання.

Кожна компанія або організація може розвивати власну культуру безпеки відповідно до своїх принципів, традиціям і баченням, шляхом впровадження нових технологій, соціальних методів, законодавчих і нормативних актів. Але всі наново інтегровані учасники, повинні відповідати умовам зростаючого темпу процесу. Впровадження нових технологій не може миттєво змінити

рівень безпеки, якщо вони не зрозумілі для тих, хто їх повинен враховувати у діях. В даному випадку можна говорити про інерцію свідомості, консерватизмі і темпах впровадження. Корпоративна культура безпеки пов'язана з організаційною культурою, невід'ємним елементом якої є освітня частина. У наукових засадах корпоративна культура розглядається на трьох взаємопов'язаних рівнях. Вищий рівень містить групове бачення, сприйняття і прояв культури. За цим відчутним рівнем слідують два невідчутних. Перший - це норми, цінності і правила поведінки, другий - основні припущення, які прийнято називати джерелом культури, оскільки вони є неписаними. Для відповідності сучасним вимогам до освітніх компетенцій з питань виробничої безпеки, потрібно виділити найефективніші моделі систематизації необхідних для забезпечення вимог професійного рівня. [1]

У методології сучасної науки моделювання визначається як: метод дослідження об'єктів на їх моделях (аналогах певного фрагмента природної або соціальної реальності) (І. Мельничук); побудова і вивчення моделей реально існуючих предметів і явищ (Т. Зайцева); теоретичний метод дослідження процесів і станів за допомогою їх реальних (фізичних) або ідеальних, насамперед математичних, моделей (О. Головко); метод опосередкованого практичного або теоретичного управління об'єктом, за умови використання якого досліджується безпосередньо не об'єкт, а допоміжна природна або штучно створена система, що знаходиться в певній об'єктивній відповідності до досліджуваного процесу, здатна заміщати його на кожному з етапів педагогічного експерименту (М. Бабишена); заміщення досліджуваного об'єкта іншим, спеціально створеним (Л. Білик); процес відтворення економічних об'єктів і процесів в штучно створених умовах (М. Гнатишин). Теоретичний аналіз наукової літератури засвідчив відсутність цілеспрямованих наукових пошуків щодо вирішення проблеми розробки структурно-функціональної моделі формування компетентності майбутніх офіцерів цивільного флоту засобами інтерактивних технологій. У наших публікаціях вже йшлося про певні аспекти досліджуваної проблеми. Метою статті є теоретичне обґрунтування структурних складових авторської структурно-функціональної моделі формування компетентності майбутніх фахівців засобами інтерактивних технологій. Виклад основного матеріалу дослідження. Під категорією «моделювання» дослідники розуміють спосіб вивчення об'єктів шляхом створення їх детальних моделей. У педагогіці моделювання застосовується як метод наукового пізнання власне педагогічних об'єктів, як метод навчання з метою вирішення певних дидактичних завдань. Сутність моделювання полягає у встановленні подібності явищ (аналогій), адекватності одного об'єкта іншому в певних відношеннях і на цій основі перетворення простішого за структурою і змістом об'єкта в модель складнішого, яким є оригінал. Відтак, модель – допоміжний засіб, який у процесі пізнання, дослідження дає нову інформацію основний об'єкт вивчення. Досліджуючи процесуальну сторону моделювання, А. Кочергін зазначає, що початковим його етапом є уявне презентування об'єкта, в процесі якого дослідник, визначає межі моделі та формулює мету проектування. Такі моделі, за

словами науковця, є когнітивними. Тоді як створення змістовної моделі, яка є вербалізованою копією когнітивної, репрезентує другий етап моделювання. [2]

Загальні теоретичні системи, спрямовані на вирішення практичних завдань, визначаються системо об'єднуючими зв'язками відповідно з ознаками системи. Властивості систем значно впливають на логічні зв'язки управління та мислення.

Управління – один з засобів зв'язку з функціюванням та процесів саморозвитку. Загальні закони прогресивного розвитку системи набуття компетенцій в галузі синтетичних дисциплін виробничої безпеки потребують поширення навичок гармонійного підходу до питань вирішення динамічних, мульті- компонентних завдань які є відповідними умовам суттєвості.

Для забезпечення мети набуття компетентності у прийнятті комплексних рішень в сучасних реаліях, потрібні більш ефективні методи викладання. Дидактика (Теорія навчання) як наука має свій предмет вивчення: це закономірності і принципи навчання, його цілі, наукові основи змісту освіти, методи і засоби навчання. У педагогіці під навчанням традиційно прийнято розуміти планомірну і систематичну роботу викладача зі студентами, засновану на здійсненні і закріпленні змін в їх знаннях, установках, поведінці і в даній особистості під впливом вчення, оволодіння знаннями і цінностями у своїй практичній діяльності. Таким чином, навчання - це процес керованого пізнання явищ навколишнього світу, їх закономірностей, історії розвитку та освоєння способів діяльності в результаті взаємодії викладача зі студентом (учнем).

Це впорядковане взаємодія викладача з учнями, спрямоване на досягнення дидактичної мети, включає в себе такі головні ланки взаємодії як

1) діяльність педагога:

> Роз'яснення студентам цілей і завдань навчання;

> Ознайомлення з новими знаннями;

> Управління процесом усвідомлення і придбання знань і умінь;

> Управління процесом пізнання наукових закономірностей і законів, переходу від теорії до практики;

> Перевірка і оцінка змін в навченості і розвитку учнів;

2) діяльність учнів:

> Власна діяльність по створенню позитивної мотивації навчання;

> Сприйняття нових знань, умінь, аналізу, синтезу, зіставлення і систематизування закономірностей і законів;

> Розуміння причинно-наслідкових зв'язків; набуття вмінь і навичок, їх мотивація;

> Практична діяльність із самостійного вирішення виникаючих проблем; самоконтроль і самооцінка досягнень.

Навчання як сукупність дій зовнішніх і внутрішніх забезпечує людині можливість дізнаватися природу, суспільство і культуру, брати участь в їх формуванні та одночасно сприяє всебічному розвитку навичок, здібностей і талантів, інтересів і симпатій, переконань і життєвих установок, придбання професійної кваліфікації. Одним із засобів і потужним фактором розвитку особистості є реалізоване в навчанні зміст освіти. [3]

Зміст освіти. Поняття змісту освіти включає в себе наступні компоненти.

1. Когнітивний досвід особистості - система знань про природу, суспільство, мислення, техніку, способи діяльності. Знання як основний елемент змісту загальної освіти - це результат пізнання дійсності, законів розвитку природи, суспільства і мислення. Зміст освіти включає в себе наступні види знань:

> Основні поняття і терміни, які відображають і повсякденну дійсність, і наукові знання;

> Факти повсякденної діяльності і науки, необхідні для доказу і відстоювання своїх ідей;

> Основні закони науки, що розкривають зв'язки і відносини між різними об'єктами і явищами дійсності;

> Теорію, яка містить систему наукових знань про певну сукупності об'єктів, взаємозв'язках між ними і методах пояснення і передбачення явищ даної предметної області;

> Знання про способи наукової діяльності, методах пізнання та історії отримання наукового знання;

> Оціночні знання; знання про норми відносин до різних явищ життя, встановленим в суспільстві.

Зазначені значення відрізняються один від одного функціями в навчанні і використовуваними технологіями. Основні функції знань: 1) засіб створення загальної картини світу;

Зазначені значення відрізняються один від одного функціями в навчанні і використовуваними технологіями. Основні функції знань: 1) засіб створення загальної картини світу;

2) інструмент пізнавальної і практичної діяльності; 3) основа цілісного наукового світогляду.

2. Досвід практичної діяльності, ті досвід здійснення способів діяльності. Знання про способи здійснення діяльності містяться вже в першому компоненті змісту загальної освіти та базової культури особистості. Однак одних знань недостатньо, необхідно засвоїти досвід їх застосування, (Вміння і навички).

3. Досвід творчої діяльності, який забезпечує готовність учня до пошуку вирішення нових проблем, творчого перетворення дійсності. Конкретним змістом досвіду творчої діяльності та її основними рисами є:

> Самостійний перенос знань і умінь в нову ситуацію;

> Бачення нової проблеми в знайомій ситуації;

> Самостійне комбінування відомих способів діяльності в новий спосіб;

> Знаходження різних способів вирішення проблеми і альтернативних доказів;

> Побудова принципово нового способу вирішення проблеми, що є комбінацією вже відомих способів.

> Знаходження різних способів вирішення проблеми і альтернативних доказів;

> Побудова принципово нового способу вирішення проблеми, що є комбінацією вже відомих способів.

Особливість змісту даного елемента базової культури особистості полягає в тому, що для здійснення її процедури не можна вказати схему дій. Ці системи створюються самим індивідом.

4. Досвід відносин особистості. Цей компонент змісту освіти є системою мотиваційно-ціннісних та емоційно-вольових відносин особистості. Його специфічність полягає в оціночному відношенні до світу, до діяльності, до людей. [4]

Значення культури безпеки зростає разом з технологічним прогресом і пов'язаним з ним збільшенням ризику в різних виробничих сферах. Концентрація ризику в такій сфері як судноплавство тягне за собою необхідність підвищення надійності техніки, розробки систем управління безпекою на плановій основі. Термін «культура безпеки» стає в даний час постійної складової всіх ідей, пов'язаних з безпекою. В науці та на практиці термін управління безпекою визначений не зовсім ясно, хоча він став неминучим при розумінні всіх функцій взаємодії, які забезпечують безпеку.

Запобігання помилок і аварій є головною метою підвищення рівня безпеки. З цієї точки зору безпека - це результат. Її рівень можна оцінити за кількістю аварій і аварійних випадків. Існують три засоби управління безпекою: технічний, організаційний і соціально-технічний. Перший засіб заснований на пошуку технічних рішень підвищення рівня безпеки, , що регламентують її рівень. Другий засіб, як показує статистика, є визначальним, так як 65-90% аварій і катастроф трапляється через недоліки управління та організації безпеки. У зв'язку з цим підготовка моряків є базою для формуваннння до професійного віношення до безпеки. [5]

Аналіз серйозних аварій і катастроф показав, що одностороннє підвищення рівня безпеки тільки одним із способів дає незадовільні результати. Головним підходом при цьому є зв'язок і взаємодія двох підсистем - соціальної і технічної. Іншою важливою ідеєю соціально-технічного управління безпекою є адекватна ступінь самооцінки і саморегулювання, як на індивідуальному, так і на корпоративному рівнях. При саморегулювання оператор може незалежно реагувати на перешкоди і впливи, особливо коли немає часу вивчати правила і керівництва. (Formal Safety Assessment - FSA) на стадії прийняття відповідальних рішень, яку розробила Міжнародна морська організація. Метою FSA є забезпечення безпеки мореплавання, що включає захист життя і здоров'я людей, морського навколишнього середовища і власності відповідно до вимог Кодексу ISM (МКУБ). Якщо оператор підготовлений в галузі культури безпеки і вірить в її принципи, то він в змозі прийняти вірне і швидке рішення, уникнути впливу перешкоди на об'єкт управління (в нашому випадку - на судно). [6]

Таким чином, представляється, що в даній області «управління безпекою» можна визначити як заходи навчання синтетичним, які спрямовані на забезпечення безпеки та підвищення її рівня, тобто на зменшення і запобігання аварійності з метою збереження людських життів та майна на морі, захисту і збереження морського середовища. «Культура безпеки» стосовно до мореплавання включає в себе введення в дію та дотримання міжнародних конвенцій і кодексів щодо безпечної експлуатації суден і запобігання забруднення морського

середовища, а також впровадження міжнародних стандартів якості та виконання дій, які демонструють володіння про природу безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Структурно-функціональна модель формування екологічної компетентності майбутніх офіцерів цивільного флоту засобами інтерактивних технологій / А. П. Сваричевська // Молодий вчений. - 2017. - № 7. - С. 317-321
2. Погляд на інтегративну українську національну ідею через призму морської галузі та морської освіти / С. Д. Василенко, Ю. Т. Чечітко // Морська освіта, 2008. – № 1-2 (15). – С. 52-57.
3. Методика преподавания психологии : учеб.-метод. пособие / Н. Г. Абрамян, Е. В. Пронина //Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2017. – 82 с.
4. Законы системной организации природы в мировоззрении и управлении учебным процессом /Вороновский Д.Д.// Научно-учебное издание – Одесса:2008.-52с.
5. Захарченко В. М. Організація підготовки фахівців морського флоту в умовах реформування системи вищої освіти України / В. М. Захарченко // Морська освіта, 2006. – № 5 (13). – С.15-17.
6. Роль человеческого фактора в безопасной эксплуатации морских танкеров / Голикова В.В. //АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОЙ МЕДИЦИНЫ # № 1 (39), 2015 г.

УДК 656.61.089.2

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

Аналіз Міжнародних Конвенцій і посібників з надання допомоги та рятування на морі

Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі (СОЛАС, з *англ. - «SOLAS, International Convention for the Safety of Life at Sea»)* в її формах, які послідовно видавалися, є найбільш важливим з усіх міжнародних угод з безпеки торгівельних суден. Кожне судно, яке здійснює міжнародний рейс і підпадає під дію цього нормативного документа (Правила 3 і 4 Глави I), має виконувати його вимоги (якщо Вимоги не можуть бути виконані з об'єктивних причин, то на судно повинно бути оформлено Вилучення зі схваленням морської адміністрації прапора судна). В іншому випадку судно може бути затримане, а по деяких позиціях (див. ISPS (Code) Глава XI-2) й не допущене в порт. Поточна версія документа відома як СОЛАС-74. Головною метою даного нормативного документа є встановлення мінімальних стандартів, що відповідають вимогам з безпеки при будівництві, устаткуванні і експлуатації суден.

Держави прапору повинні забезпечити, щоб судна, які ходять під їх прапором, виконували вимоги СОЛАС. Для доказу їх виконання Конвенцією передбачено безліч сертифікатів. Подібні документи (зазвичай звані «конвенційни-

ми») видаються або самою Адміністрацією прапору, або від її імені («за уповноваженням Адміністрації») - при наявності відповідного доручення.

Умови контролю також дозволяють Урядам, що домовляються інспектувати судна, які ходять під прапорами інших держав, особливо якщо є ясні підстави для сумнівів, що судно і/або його обладнання суттєво не виконують вимоги Конвенції. Ця процедура отримала назву «контроль держави порту» (Port State Control, PSC).

Чинний текст Конвенції СОЛАС включає Статті, якім містять загальні зобов'язання, процедури внесення змін та інше, й супроводжується Додатком, розділеним на 12 Глав:

Глава I Загальні положення.

Глава II-1 Конструкція - поділ на відсіки і остійність, механічні та електричні установки.

Глава II-2 Конструкція - протипожежний захист, виявлення і гасіння пожежі.

Глава III Рятувальні засоби та обладнання.

Глава IV Радіозв'язок.

Глава V Безпека мореплавання.

Глава VI Перевезення вантажів.

Глава VII Перевезення небезпечних вантажів.

Глава VIII Ядерні суду.

Глава IX Управління безпечною експлуатацією.

Глава X Заходи безпеки на високошвидкісних судах.

Глава XI-1 Спеціальні заходи щодо підвищення безпеки на морі.

Глава XI-2 Спеціальні заходи щодо посилення охорони на морі.

Глава XII Додаткові заходи безпеки для навалочних суден.

Перша версія цього документа була прийнята в 1914 році, по слідах загибелі «Титаніка», друга - в 1929 році після загибелі «Вестріса», третя - в 1948 році, частково після вибуху «Гранкан», а четверта - в 1960 році. Конвенція 1960 року, яка була прийнята 17 червня 1960 і вводилася в дію з 26 травня 1965 року, стала першим значним досягненням Міжнародної морської організації (ІМО) після її створення. Конвенція представляла суттєвий крок вперед в модернізації інструкцій і підтримці темпу технічного розвитку в судноплавної індустрії.

Надалі виявилася нова проблема. Вона полягала в тому, щоб підтримувати нормативний документ на рівні сучасності шляхом прийняття періодичних поправок. На практиці процедура впровадження поправок виявилася занадто повільною. Незабаром стало ясно, що вступ прийнятих поправок в дію в межах розумного періоду часу забезпечити буде неможливо.

Тому, 1 листопада 1974 на Міжнародній конференції з охорони людського життя на морі був прийнятий повністю новий текст Конвенції СОЛАС. Він включав в себе не тільки зміни, узгоджені до вказаної дати, але також нову процедуру прийняття поправок - процедуру за замовчуванням, розроблену для забезпечення того, щоб прийняті зміни могли вступити в силу в межах прийнятного й допустимо короткого періоду часу.

Замість вимоги, щоб поправка вступила в силу після її прийняття, наприклад, двома третинами сторін, які підписали Конвенцію, процедура прийняття за замовчанням передбачає, що зміни вступить в силу після зазначеної дати, якщо до цієї дати на нього не будуть отримані заперечення від узгодженого числа сторін. Нині чинний текст Конвенції іноді називають «СОЛАС 1974, з поправками».

Це дозволило в численних випадках оновити і виправити Конвенцію в редакції 1974 року. Так, в 1988 році до неї було прийнято Протокол (10 листопада, на Міжнародній конференції з гармонізовану систему огляду та оформлення свідоцтв). У 1992 році в ІМО було видано так званий Консолідований текст Конвенції.

У період з 9-13 грудня 2002 року на Дипломатичній конференції з морської безпеки що проходила в Лондоні до Глави XI були прийняті поправки, які вступили в силу з 1 липня 2004 року.

Міжнародна конвенція про пошук і рятування на морі 1979 року - (англ. *International Convention on Maritime Search and Rescue)* (часто іменується «Конвенція САР або SAR - 79») була укладена в Гамбурзі (Федеративна Республіка Німеччина) 27 квітня 1979 року. Конвенція створює міжнародну систему пошуку і рятування (SAR - 79) з метою, щоб незалежно від району Світового океану, в якому відбувається аварія, забезпечити дії з пошуку і рятування людей, які терплять лихо, які б координувалися між розташованими в цьому районі службами САР.

Конвенція пропонує сторонам задовольняти наявність в їх країнах відповідних коштів для пошуку і рятування, укладати між собою угоди про пошук і рятування, зокрема, передбачає спрощений доступ рятувальних засобів однієї держави в територіальне море іншої держави, а також встановлювати загальні процедури для ефективного і швидкого пошуку і рятування. Конвенція також передбачає створення державами рятувально-координаційних центрів (РКЦ) та підцентрів, включаючи призначення координатора на місці проведення операції.

Після прийняття Конвенції за рішенням Комітету з безпеки на морі Міжнародної морської організації (ІМО) Світовий океан був розділений на тринадцять пошуково-рятувальних зон. У кожній із зон відповідні держави повинні встановити межі районів, в яких вони несуть відповідальність за проведення пошуково-рятувальних операцій.

Сторони Конвенції встановлюють так звані системи суднових повідомлень, в межах яких судна повинні повідомляти про своє місцезнаходження. У разі аварії на морі така система дозволяє значно скоротити час, що витрачається на пошук судна і надання послуг по рятуванню. Ця система також допомагає надавати, при необхідності, термінову медичну допомогу морякам на суднах.

Технічні вимоги Конвенції САР містяться в Додатку, що складається з п'яти глав.

У зв'язку з тим, що зобов'язання, які покладаються на держави, вимагали істотних фінансових витрат (наприклад, встановлення берегових споруд),

Конвенцію ратифікувала незначна кількість держав, тому темп здійснення Конвенції був вкрай повільним.

У 1995 році було прийнято рішення внести в Конвенцію кілька важливих поправок. Зокрема, виявилася необхідність привести Конвенцію у відповідність до положень про пошук і рятування, які розроблені Міжнародною організацією цивільної авіації (ІСАО). Перегляд технічних вимог, які містяться в Додатку, був доручений Підкомітету ІМО по радіозв'язку і пошуку та рятування (Підкомітет COMSAR). Поправки були прийняті Комітетом з безпеки на морі ІМО на його 69-й сесії в травні 1998 року і набули чинності 1 січня 2000 року.

У 2004 році був прийнятий ще один комплект поправок, що стосується осіб, які зазнають лиха на морі. Зокрема, були додані:

визначення осіб, які зазнають лиха на морі;

положення, щодо надання допомоги капітану при доставці врятованих в море людей в безпечне місце;

а також важливі положення, які встановлюють обов'язок рятувально-координаційних центрів або рятувальних підцентрів вживати дії щодо встановлення найбільш підходящих місць для висадки осіб, які зазнали лихо на морі та були виявлені.

Одночасно з переглядом Конвенції САР в ІМО проводилася робота з удосконалення практичних посібників з пошуку і рятування. У 1971 році було випущено Керівництво ІМО з пошуку і рятування для торгівельних суден (МЕРСАР), а в 1978 році - Міжнародне авіаційне та морське наставлення з пошуку і рятування (Наставлення ІАМСАР).

Обидва документи ІМО пропонували зацікавленим національним організаціям практичні рекомендації з питань надання допомоги потерпілим людям і суднам в морі. Наставлення ІАМСАР було в максимально можливій мірі погоджено з відповідним керівництвом, розробленим Міжнародною організацією цивільної авіації (ІКАО).

Подальший розвиток засобів зв'язку та технічних можливостей авіаційного та морського пошуку і рятування, а також необхідність більш тісної співпраці обох галузей в цій галузі призвели до того, що ІМО і ІСАО спільно прийняли Міжнародне керівництво з авіаційного і морського пошуку та рятування (МКАМПР), яким нині користуються всі повітряні і морські судна. МКАМПР складається з трьох томів: Організація і управління; координація; і рухомі засоби. Останній третій том повинен знаходитися на борту морського судна.

Конвенція про відкрите море - міжнародний договір, укладений за підсумками Конференції Об'єднаних Націй в Женеві з 29 квітня 1958.

Офіційні та одно автентичні мови документа - англійська, іспанська, китайська, російська і французька (назви на інших офіційних мовах: англ. *Convention on the High Seas, icn. Convención sobre Alta Mar, фр. Convention sur la haute mer*).

На даний час ратифікований 63 країнами: останнє Конвенцію ратифікувала Чорногорія в 2006 році.

Конвенція про міжнародну організацію морського супутникового зв'язку (ІНМАРСАТ) 1976 року - *Convention on the International Maritime Satellite Organization, 1976* - набула чинності 16 липня 1979 року. Необхідність розробки Конвенції була викликана збільшенням числа суднових радіостанцій і обсягом радіообміну, внаслідок якого виникли серйозні проблеми з використанням радіочастот. Це мало серйозні наслідки для морських сполучень і безпеки на морі. Використання космічних технологій допомогло подолати цю проблему.

ІМО включилася у вирішення цих проблем з 1960 року і в 1975 році скликала конференцію з питання встановлення нових морських комунікаційних систем, заснованих на використанні супутникових технологій. Конференція прийняла Конвенцію про Міжнародну організацію морського супутникового зв'язку - ИНМАРСАТ і Експлуатаційну угоду про роботу системи геостаціонарних супутників Землі. Ці супутники забезпечують ретрансляцію повідомлень між суднами і береговими станціями. Рятувально-координаційні центри (RCC) мають берегові станції ИНМАРСАТ. ГМССБ заснована на використанні ИНМАРСАТ (район А3).

Конвенція визначила завдання і цілі ИНМАРСАТ. Відповідно до Конвенції, цілями ИНМАРСАТ є забезпечення космічного сегмента (тобто супутників і іншого пов'язаного з ними обладнання), необхідного для поліпшення морського, повітряного і сухопутного рухомого зв'язку. ИНМАРСАТ повинна сприяти поліпшенню зв'язку для оповіщення про лихо і забезпечення охорони людського життя на морі, поліпшення зв'язку для служб повітряного руху, підвищенню ефективності та безпеки морських, повітряних і наземних перевезень. Організація зобов'язана діяти на основі принципів недискримінації, дотримання загальновизнаних принципів і норм міжнародного права, обслуговування всіх районів, де є потреба в морського, повітряного зв'язку і мереж зв’язку загального користування, використання космічного простору в інтересах усіх держав і здійснення своєї діяльності виключно в мирних цілях.

Перша глобальна супутникова система рухомого зв'язку Inmarsat-A була введена в експлуатацію в 1982 р. впливової міжнародної організації Inmarsat (Interrational Maritime Satellite Telecommunication Organization). Первісне призначення системи полягало у забезпеченні надійної зв'язком морських суден, що перебувають у плаванні. Пізніше її почали використовувати сухопутні і повітряні споживачі.

Система Inmarsat надає на комерційній основі послуги глобальної радіотелефонного, телексного, факсимільного зв'язку, обміну даними та персонального радіовиклику виключно в мирних цілях. Інтереси країн у міжнародній організації Inmarsat представляють уповноважені урядами державні організації.

Спочатку система Inmarsat включала в себе супутники-ретранслятори, розміщені на геостаціонарній орбіті, що дозволяло повністю обслуговувати акваторії Атлантичного, Тихого і Індійського океанів.

У 1993 р. організація Inmarsat вирішила будувати систему зв'язку з використанням MEO і GEO орбітальних угруповань. Рішення було засновано на результатах фундаментальних досліджень факторів, таких як вартість, взаємодія

з системою, відносні складність і ризик, пов'язані з виробництвом, впровадженням та управлінням великою кількістю супутників.

У 1994 р. після всебічного аналізу було прийнято рішення покласти в основу системи зв'язку концепцію MEO і провести подальші дослідження з метою розробки перспективної системи Inmarsat-P, що складається з 10 штучних супутників Землі, розміщених на двох середньовисотних орбітах (10300 км) з нахилом 45°. Цей проект здобув перемогу завдяки таким своїм якостям: глобальна робоча зона системи, високі кути піднесення супутників і велике число супутників, що одночасно знаходяться в полі зору спостерігача, тривалий термін служби супутників (не менше 10 років), прийнятна складність управління орбітальної угрупованням, повна інтегрованість з наземними стільниковими радіосистемами, розумна вартість проекту (2,4 млрд дол.).

Для забезпечення комерційного обслуговування морських і сухопутних рухомих об'єктів було розгорнуто п'ять систем зв'язку, що використовують геостаціонарні КА: Inmarsat-A, Inmarsat-B, Inmarsat-C, Inmarsat-M і Inmarsat-D.

Система Inmarsat-A запрацювала як глобальна система з 1982 р. Забезпечувала понад 17 тис. суднових станцій телефонного, телексного та факсимільного зв'язком, а також високошвидкісною передачею даних. Термінали Inmarsat-A були орієнтовані на обслуговування малорухомих об'єктів (суден, комерційних літаків), а також стаціонарних об'єктів, що перебувають поза зонами дії наземних служб передачі даних.

Система Inmarsat-C введена в комерційну експлуатацію в 1991 р. Вона забезпечувала близько 10 тис. рухомих об'єктах передачею даних і телексних повідомлень з проміжним накопиченням - SF (Store an Forward) - за допомогою дуже невеликих і легких терміналів.

Система Inmarsat-M введена в комерційну експлуатацію в 1993 р. і, крім двосторонньої цифрового телефонного зв'язку, який забезпечує передачу даних і телексної інформації за допомогою душових і легких терміналів (швидкість 2,4 Кбіт/с). Система Inmarsat-M забезпечує також інтерфейс для обміну даними в мережах пакетної комутації і електронної пошти. В системі використовується сучасна цифрова технологія, яка дозволяє підвищити ефективність використання виділеного діапазону частот і бортових передавачів. Термінали Inmarsat-M (mini) являють собою цифровий телефон вагою не більше 700 г, який за своїм виглядом нагадує малогабаритну радіостанцію.

Система Inmarsat-B введена в експлуатацію в 1994 - 1995 рр., і призначена для заміни Inmarsat-A. Вона надає аналогічні послуги (телефон, телекс, факс, передача даних), але за більш низькими тарифами, що досягається завдяки більш ефективному використанню супутників-ретрансляторів. На початок 1994 р. в експлуатацію було введено 11 берегових станцій Inmarsat-B, здійснюють інтерфейс з телефонними мережами загального користування. Їх кількість швидко збільшується: серійне виробництво освоєно більше ніж 10 фірмами різних країн світу.

Система Inmarsat-D - одностороння служба передачі повідомлень мобільним користувачам від абонентів наземних мереж загального користування - є природним розширенням пейджингових мереж.

Inmarsat - єдина глобальна супутникова система рухомого зв'язку, яка протягом такого тривалого періоду демонструє постійно зростаючі результати своєї діяльності. Це пояснюється тим, що компанія має стабільно зростаючу абонентську базу, її керівники проводять обережну і просту стратегію розвитку - поступове нарощування супутникового сегменту, використання геостаціонарних позицій і розумне розширення номенклатури надаваних послуг. Інвестиції компанії обмежувалися, як правило, сумою в 1 млрд доларів США. І нарешті, обладнання для користувачів є дуже надійним, що влаштовує ті групи користувачів, для яких воно призначене.

У 1969 році Міжнародна морська організація (IMO) підготувала Керівництво по пошуку і рятуванню торгових суден (*Merchant Ship Search and Rescue Manual - MERSAR*). Це керівництво було схвалено на 7-й Асамблеї IMO в 1971 році.

Мета даного документа - забезпечити керівництвом тих, хто в аварійних ситуаціях в море може запросити допомогу або може надати допомогу. Зокрема, він призначений для допомоги капітану будь-якого судна, яке може бути викликане для прийняття участі в операціях з пошуку і рятування.

Після прийняття в 1979 році Міжнародної конвенції про пошук і рятування на морі та схвалення Керівництва IMO з пошуку і рятування (IMOSAR Manual) Керівництво MERSAR було переглянуте з урахуванням положень конвенції та приведено у відповідність до Керівництва IMOSAR.

У 1998 році спільна робоча група Міжнародної морської організації та Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO) підготувала спільне Керівництво з пошуку і рятування морських і повітряних суден (International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual - IAMSAR), яке було схвалено 21-й Асамблеєю IMO в 1999 рік (Резолюція A.894 (21)).

Керівництво IAMSAR випущено як заміна посібників MERSAR і IMOSAR.

Основна мета тритомного Керівництва IAMSAR - допомогти країнам у забезпеченні їх власних потреб з пошуку і рятування та виконанні зобов'язань, які вони взяли в рамках Конвенції Міжнародної цивільної авіації, Міжнародної Конвенції про пошук і рятування на морі та Міжнародної Конвенції з безпеки людського життя на морі (SOLAS).

Три томи містять керівні принципи для спільних підходів морських суден і авіації до організації та проведення пошуково-рятувальних операцій. Кожен том керівництва IAMSAR написаний з урахуванням специфічних функцій системи пошуку і рятування і може використовуватися як окремий документ або спільно з двома іншими томами.

Том I: Том «Організація і управління» розглядає концепцію глобальної системи пошуку і рятування, створення і розвиток національних і регіональних систем пошуку і рятування та взаємодія з сусідніми державами в частині забезпечення ефективних і економічних служб з пошуку і рятування.

Том II: Том «Координація завдань» допомагає персоналу, який планує і координує пошуково-рятувальні операції і тренування.

Том III: Том «Рухливі засоби» призначений для використання на борту рятувальних засобів, літаків і суден, щоб допомогти при здійсненні функцій

пошуку, рятування та координації на місці дії, а також при пошуку і рятуванні, що має місце в разі їх власної аварійної ситуації.

Керівництво IAMSAR видано спільно Міжнародною організацією цивільної авіації та Міжнародною морською організацією.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Міжнародна Конвенція з охорони людського життя на морі СОЛАС 74/88 ((International Convention for the Safety of life ft Sea - SOLAS-74). Вступила в силу 25.05.1980 р. 24.05.1994 р. доповнено главою IX «Управління безпечною експлуатацією суден».

2.Міжнародна Конвенція 1976 р. про організацію морського супутникового зв'язку INMARSAT.

3.Міжнародна Конвенція (SAR - 79) з пошуку та порятунку на морі, і керівництва з пошуку та порятунку на морі (Search and Rescue Manual), що отримав умовну назву IMOSAR Manual.

УДК: 378.147:504:373.66

Сваричевська А. П.

Національний університет «Одеська морська академія»

Інтерактивні технології у формуванні екологічної компетенції курсантів річкового та морського флоту

«Ми не отримали Землю в спадок від батьків,
ми взяли її в борг у наших нащадків»
Greenpeace

Нові освітні стандарти у вітчизняних закладах вищої освіти ґрунтуються на компетентнісному підході, під яким розуміється спрямованість освіти на розвиток особистості курсанта в результаті формування низки компетенцій засобами вирішення професійних завдань в освітньому процесі.

На даному етапі вітчизняний річковий та морський флот потребує кваліфікованих фахівців, які мають забезпечити його конкурентоспроможність. Є потреба готувати фахівців, які будуть готові працювати в мінливих умовах сьогодення, вони будуть здатні знаходити та приймати правильні рішення в будь-яких ситуаціях, у тому числі й у вирішенні екологічних проблем.

З розвитком науково-технічного прогресу, збільшується об’єм інформації, який необхідно засвоїти. Курсантам постійно необхідно оновлювати свої знання щодо екологічної безпеки. Звідси випливає, що навчання, яке орієнтоване головним чином на запам’ятовування і збереження матеріалу в пам’яті, вже тільки частково зможе задовольняти сучасні вимоги. Отже, актуальною є проблема формування таких якостей мислення майбутніх фахівців річкового та морського флоту, які дозволили б курсанту самостійно засвоювати постійний потік нової інформації, розвиток таких здібностей, які, збережуться і після завершення освіти, забезпечували б їм можливість не відставати від прискоре-

ного науково-технічного прогресу. Все це вказує на необхідність удосконалення процесу формування екологічної компетентності.

Ці трансформації спонукають викладача переосмислити способи підготовки майбутніх фахівців річкового та морського флоту, методику використання педагогічних технологій, освітніх моделей, інновацій та методів.

Інновація багатовимірне явище в галузі освіти спрямована на якісне оновлення педагогічної діяльності [1, с. 23-25]. Впровадження інноваційних технологій в освітній процес предметно виявляється у таких функціях:

– проективній, яка передбачає моделювання майбутньої професійної діяльності як педагогічної системи навчання;

– розвивальній, що спрямована на розширення професійних здібностей майбутніх фахівців;

– поновлювальній, головна сутність якої полягає в удосконаленні якості освітнього процесу.

Сутність інтерактивних технологій, полягає в тому, що вони спираються не тільки на процеси сприйняття, пам'яті, уваги, але, перш за все, на творче, продуктивне мислення, поведінку, спілкування. При цьому процес навчання організовується таким чином, що курсанти вчаться спілкуватися, взаємодіяти один з одним й іншими людьми, критично мислити, вирішувати складні проблеми на основі аналізу виробничих ситуацій, ситуаційних професійних завдань і відповідної інформації [2, с. 23-25].

В інтерактивних технологіях навчання істотно змінюються ролі викладача (замість ролі інформатора – роль менеджера) і курсантів (замість об'єкта впливу – суб'єкт взаємодії), а також роль інформації (інформація не мета, а засіб для освоєння дій і операцій).

Використання інтерактивного навчання підвищуватиме мотивацію природоохоронної діяльності, шляхом залучення курсантів до спільного рішення обговорюваних проблем, що дасть емоційний поштовх до подальшої пошукової активності, спонукатиме до конкретних екологозорієнтованих дій. Водночас, інтерактивне навчання формуватиме вміння майбутніх фахівців річкового та морського флоту мислити не ординарно, по-своєму бачити проблемну екологічну ситуацію, знаходити виходи з неї; обґрунтовувати свої екологічні позиції і життєві цінності; розвиватиме такі риси, як уміння вислуховувати іншу точку зору, співпрацювати, вступати в партнерське спілкування, виявляючи при цьому толерантність у ставленні до своїх опонентів, необхідний такт, доброзичливість до учасників процесу спільного знаходження шляхів взаєморозуміння, пошуку істини.

Однією з найповніших, є класифікація інтерактивних методів, яку розробили дослідники О. Пометун і Л. Пироженко [2, с. 56-59]. Науковці поділили інтерактивні методи навчання на чотири групи: групове навчання, фронтальне, навчання у грі, навчання у дискусії (Рис. 1.1.).

Продовжуючи характеристику методів інтерактивних технологій, дослідники стверджують, що для інтерактивного навчання характерна постійна зміна режимів діяльності: ігри, дискусії, робота в малих групах, теоретичні блоки (міні-лекцію) [2, с. 60].

Таке навчання, за словами Т. Пузир, котра досліджує специфіку формування екологічної культури майбутніх фахівців засобами ігрової діяльності, передбачає відмінну від звичної логіку освітнього процесу: не від теорії до практики, а від формування нового досвіду природоохоронної діяльності до його теоретичного осмислення шляхом застосування [3, с. 73]. Досвід і знання учасників освітнього процесу служать джерелом їх взаємонавчання і взаємозбагачення. Курсанти беруть на себе частину функцій викладача, що підвищує мотивацію і продуктивність навчання [3, с. 74-75]. Тоді як педагог виконує функцію помічника в роботі, одного з джерел інформації, а центральне місце в його діяльності займає не окремий курсант як індивід, а група взаємодіючих майбутніх офіцерів цивільного флоту під час вирішення професійно зорієнтованого екологічного завдання. Слушною у цьому контексті є наукова позиція А. Дулі [4].

Рис. 1. 1.Класифікація інтерактивних методів навчання (За О. Пометуном та Л. Пироженко)

Дослідниця, акцентуючи на необхідності використання інтерактивних методів навчання як засобів технологічного підходу до формування екологічної компетентності майбутніх суднових механіків, аргументовано доводить, що за умови застосування інтерактивних методів у курсантів активізується дух суперництва, який проявляється, коли майбутні офіцери колективно шукають істину, крім того, діє такий психологічний феномен, як «зараження» (не наслідування, а саме зараження), і будь-яка висловлена «одногрупником» думка здатна мимоволі викликати власну, аналогічну, або близьку до висловленої, або, навпаки, зовсім протилежну [4, с. 2-7]. Опираючись на власний педагогічний досвід екологічної підготовки майбутніх моряків, А. Дуля зазначає, що особливе місце у формування екологічної компетентності курсантів належить цілеспрямованому вихованню екологічно грамотних і відповідальних людей, що постійно та систематично поповнюють свої знання [4, с. 4]. Значним дидактичним потенціалом у цьому контексті володіють інтерактивні методи навчання (творчі майстерні, майстер-класи, «круглі столи», дискусії, проектні семінари, кейс-технології, розбір ділової документації, рольові та ділові ігри та ін.), що імітують професійні ситуації, сприяють виробленню нових поглядів і установок фахівців річкового та морського флоту, формуванню екологічних умінь і

навичок, моделюванню нового досвіду природоохоронної діяльності, корекції негативних споживацьких установок, розширенню змісту екологічних компетенцій).

Сучасна підготовка майбутніх фахівців річкового та морського флоту повинна здійснюватися з урахуванням світових тенденцій. Тому одним з важливих завдань сучасних морських закладів вищої освіти є створення середовища активної міжособистісної взаємодії курсантів для формування їх екологічної компетентності засобами інтерактивних технологій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сидоренко Е. В. Технология создания тренинга от замысла к результату / Е. В. Сидоренко.– СПб.: Речь, 2007. – 116 с.

2. Пометун О. І. Сучасний урок. Інтерактивні технології навчання : наук.-метод. посібн. / О. І. Пометун, Л. В. Пироженко ; за ред. О. І. Пометун. – К., 2004. – 192 с.

3. Пузир Т. М. Використання ігрової діяльності в процесі формування екологічної культури / Т. М. Пузир // Сб. науч. трудов SWord. – Вып. 2. Т. 11. – Иваново: МАРКОВА АД, 2014. – С.73–75.

4. Дуля А. В. Інтерактивні методи навчання як засоби технологічного підходу до формування екологічної компетентності майбутніх суднових механіків [Електронний ресурс] / А. В. Дуля. – Режим доступа : http://ito.vspu.net/konference15/15_11/Dylay.pdf

УДК [159.938:007.51]:65.61.071

Голікова В.В., Бічев В.К., Сінюта Н. О.
Національний університет "Одеська морська академія"

Теоретичні питання в формуванні стомлення у суднових операторів.

В сучасному світі триває глобалізація мирового транспортного ринку, стабільний розвиток інформаційних технологій, автоматизації виробничих процесів, інтенсифікації праці. На даний час майже у всіх сферах людської діяльності різко зросла кількість професій операторського і управлінського профілю, які потребують вирішення великого обсягу складних завдань в умовах дефіциту часу і інформації, що призводить до розвитку в організмі людини підвищеної напруги і втоми. У зв'язку з цим різні форми стомлення, що формуються за певних видах діяльності, мають багато спільного. Тому терміном «загальна втома» нерідко позначають тимчасові функціональні зміни, що характеризують зниження працездатності при різних видах робіт. Вони також виявляються в змінах самопочуття, настрою, а також інших психологічних і фізіологічних характеристик функціонального стану організму. На жаль, навіть у сучасних нормативних документах і результатах досліджень не зустрічається повного списку визначень термінів, пов'язаних з втомою. Для більш чіткого розуміння суті проблеми, буде доцільно уточнити деякі з них [1,2].

Втома - сукупність тимчасових змін у фізіологічному і психологічному стані людини, що розвиваються в результаті напруженої або тривалої діяльності і призводять до погіршення кількісних і якісних показників роботи, що супроводжуються зниженням функціональних резервів організму, а також, до дискоординації фізіологічних функцій, що підвищують фізіологічну вартість роботи, також втома - емоційно забарвлене переживання розвиненого втоми, що відображає сукупність змін психофізіологічних і біохімічних функцій, що виникають під час тривалої або інтенсивної роботи. Почуття втоми породжує бажання або припинити, або знизити робоче навантаження, що є необхідним психологічним механізмом для запобігання перевантажень, що викликаються роботою [3].

Стомлюваність - властивість організму в цілому або окремих його фізіологічних систем бути схильним до стомлення. Глибина стомлення, що розвивається при одній і тій же навантаженні, залежить від адаптаційних можливостей організму людини до певного виду діяльності, його фізіологічних резервів, поточного функціонального стану працюючого, нервово-емоційної напруги, рівня мотивації до даного виду діяльності, наявності професійних умінь і навичок.

Перевтома - сукупність стійких функціональних порушень в організмі людини, що виникають в результаті інтенсивної безперервної діяльності (дні, тижні), що характеризуються різким зменшенням функціональних резервів організму, що не зникаючих за час відпочинку між добовими і тижневими періодами роботи, і є несприятливими для здоров'я працюючих.

Хронічне стомлення - сукупність стабільних морфо-функціональних змін, повільно накопичуються за тривалий проміжок часу (місяці, роки) в результаті діяльності працюючого, і що характеризуються поступовим вичерпанням функціональних резервів і наявністю стійких системних і неспецифічних за своєю природою психічних і фізіологічних порушень в його організмі.

На думку В. А. Бодрова «перевтома - це патологічний стан організму, яке характеризується стійкими функціональними порушеннями фізіологічних і психічних систем і процесів, розладом цілеспрямованої і доцільною трудової діяльності. Воно виникає внаслідок продовження напруженої, інтенсивної роботи, незважаючи на прояви ознак хронічної втоми » [4]. Таку ж думку формулює Є. П. Ільїн постулює, що «шкідливо не стомлення, а перевтома, тобто хронічне стомлення, що приводить до значного виснаження фізичної і нервової енергії» [5].

Серед причин зниження безпеки мореплавання і аварійності домінує «людський фактор»: число аварій з вини екіпажів суден досягає за даними різних авторів 75-80% [6,7]. «Проблема людського чинника полягає у відсутності достатніх знань про природні закони поведінки людини, про причинно-наслідкові зв'язки впливу на людину різних чинників, у відсутності визначення поняття «людський фактор», в якої складності і часом неможливості на сьогоднішній день формалізації складових людського чинника, у відсутності методології кількісної оцінки і обліку впливу людського чинника на безпеку судна »[8].

Перевтома, стомлення, хронічна втома є вагомим чинником для помилкових дій суднового оператора.

Стомлення є істотною проблемою для морської галузі, ще в листопаді 1993р. International Maritime Organization (IMO) ухвалила Резолюцію А.772 (18) "Чинники втоми при укомплектовуванні екіпажів і забезпечення безпеки", в якій стомлення визначене як зниження продуктивності праці людини, його фізичних і розумових здібностей, і (чи) погіршення здатності робити обґрунтовані висновки. У випадках екстремального стомлення, яке може супроводжуватися тривогою, звуженням сприйняття, невиразністю мови, непереборною сонливістю, галюцинаціями, і іншими критичними станами, ризик здійснення помилки людиною досягає критичного рівня.

На сьогодення вийшло нове Керівництво по управлінню втомлюваністю ***IMO Guidelines on Fatigue, 19 July 2018***.

Міжнародна морська організація регламентую свої терміни що до втоми.

В керівними принципах управління втомою використовується наступне визначення: «Стан фізичного та / або психічного розладу, викликане такими факторами, як недостатній сон, розширені неспання, вимоги до роботи / відпочинку, несинхронізовані з циркадними ритмами, фізичне, психічне або емоційне напруження, які можуть погіршити пильність і здатність безпечно керувати судном або виконувати обов'язки , пов'язані з безпекою ».

Втома - це небезпека, так як вона може вплинути на здатність моряка ефективно і безпечно виконувати свою роботу. Важливо відзначити, що втома впливає на всіх незалежно від навичок, знань і навчання. Наслідки втоми можуть бути особливо небезпечні в транспортному секторі, включаючи судноплавство. Всі зацікавлені сторони повинні бути уважні до чинників, які можуть сприяти втомі, і докладати зусилля для пом'якшення та управління ризиками, пов'язаними з втомою.

Ефективна робота з втомою в морському середовищі вимагає комплексного і цілісного підходу, який враховує ергономіку, а також ролі і обов'язки всіх зацікавлених сторін в пом'якшенні і управлінні втомою. Ефективна стратегія управління втомою починається з визначення вимог робочого навантаження і зіставлення рівнів бортового комплектування і ресурсів підтримки на суші в поєднанні з ефективним управлінням робочого навантаженням, годинами роботи і відпочинком на борту судна. Не існує одно системного підходу до усунення втоми, але є певні принципи, які необхідно вирішувати, щоб отримати знання і розуміння для управління цією проблемою людського елемента[9].

Вагомими причинами в розвитку втоми є єдністю зон праці і відпочинку, вахтової (змінної) організацією служби з недостатнім і переривчастим сном, виконанням ряду службових функціональних обов'язків під час запланованого відпочинку, тривалим вимушеним перебуванням в нечисленному багатонаціональному екіпажі, супутніми соціальної та сексуальної депривації, а також неможливістю виключення дії на організм метео-географічних факторів і морської стихії.

Згідно з ПДНВ 78, Кодекс з підготовки і дипломування моряків та несення вахти, з поправками, Глава VIII: ***«Кожна особа, пов'язана з судновими опе-***

раціями , повинна бути завжди напоготові стосовно факторів, які можуть сприяти втомленості» [10].

Втома - це небезпека, яка впливає на безпеку, здоров'я і благополуччя, та пов'язана зі значним ризиком для безпеки життя, майна, здоров'я, безпеки та захисту морського середовища[9].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТИРИ

1.Пышнов Г.Ю. Концепция универсальности трансформации функциональных состояний организма работающего человека при развитии утомления/ Г.Ю. Пышнов, Кальниш В.В./ Український журнал з проблем медицини праці //-2(26)-Київ-2011-с.11-18.

2. Зараковский Г. М. Диагностика функциональных состояний / Г. М. Зараковский, Б. А. Королев, В. И. Медведев, П. Я. Шлаен.– Введение в эргономику.– М., 1974.– 352 с.

3. Медведев В. И. Функциональные состояния человека. Физиология трудовой деятельности / В. И. Медведев, А. Б. Леонова.– СПб: Наука, 1993.– С. 25–61.

4. Бодров В. А. Развитие учения о профессиональном утомлении человека. Часть I. Категория «утомление» в системе представлений о функциональном состоянии и деятельности человека / В. А. Бодров // Псих. журн.– 2010.– Т. 31, № 3.– С. 46–57

5.Ильин Е. П. Психофизиология состояний человека / Е. П. Ильин.– СПб: Питер, 2005.– 412 с.

6.Репетей В.Д. Аналитика аварийности на судах водного транспорта Украины за 2001-2010 гг.: Информационно-справочное издание / В.Д. Репетей, В.В. Голиков, А.В.Шемелин. — Одесса: Укрморинформ, 2011. — 226 с.

7. Парменова Д.Г. Анализ аварийных ситуаций с судами морского флота / Д.Г. Парменова// Судовые энергетические установки, 2013. — № 31. — С. 149-155

8.Голикова В.В. Аварии морских судов и профессиональная компетентность плавсостава./ В.В. Голикова, Е.А. Потапов, Л.М. Шафран// Актуальные проблемы транспортной медицины. – Одесса. -2016.– №2(44) – С. 7-18

9. IMO Guidelines on Fatigue. 19 July 2018 Original: ENGLISH - I:\HTW\5\WP\HTW 5-WP.3.docx- 61 с.

10. Міжнародна конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року (консолідований текст з манільського поправками). Кодекс з підготовки і дипломування моряків та несення вахти, з поправками. - К .: ВПК «Експрес Поліграф», 2012. - 568 с.

УДК 341.225

Парменова Д.Г., Крайнова В.І.

Нові вимоги міжнародних конвенцій ІМО та кодексів ІМО, що вступають в силу в 2019 році

З кожним роком спостерігається зростання обсягу торгових і пасажирських перевезень морським транспортом, збільшується кількість морських суден, ро-

сте чисельність моряків, підвищується ефективність та надійність суднових технічних засобів та систем. Але кількість морських аварійних подій, які призводять до людських жертв, збитку для здоров'я членів екіпажа і пасажирів, до втрати суден, забруднення морського середовища і економічного збитку для прибережних країн, судноплавних компаній і вантажовідправників, з кожним роком не знижується, а часом й підвищується. Тому питання безпеки в судноплавній галузі та запобігання забрудненню морського середовища суднами завжди актуальні та вимагають постійного моніторингу, вжиття заходів по запобіганню аварій та забезпеченню готовності екіпажів суден до виникнення аварійних ситуацій. Відомо, що першим кроком до підвищення рівня безпеки на морі являється розробка міжнародних правил, яких повинні дотримуватися усі судноплавні компанії та втілювати на своїх суднах. 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.

У 2019 році настали терміни набуття чинності деяких поправок до Міжнародної конвенції по запобіганню забрудненню навколишнього середовища з суден (MARPOL - 73/78), Міжнародної Конвенції по охороні людського життя на морі (SOLAS - 74), Конвенції Міжнародної організації праці 2006 року «Про працю в морському судноплавстві» (MLC - 2006), Міжнародної Конвенції про контроль суднових баластних вод і осадів, і управління ними 2004 року (BWMC) та інших.

Розглянемо ці поправки в хронологічному порядку по даті вступу їх в силу.

З 1 січня 2019 року:

1. Набули чинності поправки до Додатка VI (Глава IV) MARPOL-73/78, прийняті 28 жовтня 2016 року Резолюцією МЕРС.278(70) «Поправки до Додатка VI до Конвенції МАРПОЛ (Система збору даних по витраті палива судами)» [1]. Поправки внесені в Правила 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 22, введено нове правило 22А. Відповідно до Правила 22А, починаючи з 2019 календарного року, усі судна валовою місткістю 5000 та більше впродовж кожного календарного року повинні збирати дані по витраті усіх видів використовуваного палива і впродовж трьох місяців після закінчення кожного календарного року повинні надати державі прапора агреговані дані, вказані в Доповненні IX Додатка VI. Відповідно поправкам до Правила 6, держава прапора на підтвердження факту здачі судном цих даних в необхідному форматі, не пізніше за п'ять місяців з початку календарного року, видає йому Акт про відповідність за поданням даних по витраті суднового палива (Statement of Compliance) і не пізніше ніж через один місяць після видачі таких Актів про відповідність передає ці дані у базу даних ІМО. Дезагреговані дані за попередній календарний рік, що складають основу наданих судном даних, мають бути легкодоступні протягом

не менше ніж 12 місяців після закінчення цього календарного року та надаватися державі прапора за запитом. Методологія збору даних по витраті палива для таких суден і способи їх передачі державі прапора мають бути описані в Плані управління енергоефективністю судна, в якому додається частина II «План збору даних по витраті палива суднами».

2. Набули чинності поправки до Додатка VI MARPOL - 73/78, прийняті **7 липня 2017 року** Резолюцією MEPC.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)».**

Поправки стосуються Правила 13 і Доповнення V Додатка VI. Відповідно до цих поправок в Правилі 13 у перелік Районів контролю викидів NOx по ярусу III додані Балтійське та Північне моря. Додані пункти 5.4 і 5.5, які стосуються тимчасового вилучення та періодів, на які вони поширюються, а саме [2]: вимоги Правила 13 по ярусу III не застосовуються для суднових дизельних двигунів, що підпадають під дію положень вимог з викиду оксидів азоту для ярусу III, якщо такі викиди відбуваються безпосередньо після будівництва та ходових випробувань знову побудованого судна або до і після переобладнання, ремонту та/або технічного обслуговування судна або технічного обслуговування, або ремонту двигуна ярусу II або двохпаливного двигуна, коли судно не повинне мати газове паливо або газоподібний вантаж на борті у зв'язку з вимогами безпеки, або якщо відповідна робота виконується на судноверфі або на іншому ремонтному майданчику, розташованому в районі контроля викидів NOx по ярусу III.

Зміни в Доповненні V «Інформація, що включається в накладну на постачання бункерного палива (Правило 18.5)» полягають в перегляді накладної по постачанню бункерного палива, яке тепер включає нове поле вибору для змісту сірки «визначеного покупцем граничного значення». Це означає, що навіть паливо з більш високим вмістом сірки, ніж вимагається згідно з Правилом 14 Додатку VI, може бути поставлено на судно, якщо на ньому застосовуються еквівалентні заходи, такі як система очищення вихлопних газів відповідно до Правила 3.2 [2].

3. Змінилися вимоги щодо контролю викидів оксидів сірки в територіальних водах деяких країн. У Китаї з 1 січня 2019 року судна, перш ніж увійти до його територіальних вод, повинні перейти на паливо зі вмістом сірки, що не перевищує 0,50%. [3].

4. Набули чинності поправки, прийняті на 98-ой сесії Комітету з безпеки на морі Резолюцією MSC.426(98) «Поправки до Міжнародного Кодексу морського щодо перевезення навалювальних вантажів (МК МПНГ)» від 15 червня 2017 року [4]. Поправки внесені до Розділів 4, 13 та Доповнень 1, 2, 3, 4 і 5 Кодексу та стосуються щодо: позначеннь та класифікації навалювальних вантажів, внесення обов'язкової інформації про те чи класифікований вантаж в якості шкідливого для морського середовища відповідно до Додатка V до MARPOL-73/78, обов'язків вантажовідправника в дотриманні проміжку часу

між відбором проб / проведенням випробувань і завантаженням для визначення транспортабельної межі вологості (TMB) та вологовмісту; внесення змін до існуючих індивідуальних описів деяких навалювальних вантажів також був доданий пункт, в якому описаний процес нового методу лабораторного визначення транспортабельної межі вологості (TMB) для вугілля з номінальним розміром часток до 50 мм, процедура цього методу є модифікацією випробування методом Проктора-Фагерберга.

5. Резолюцією A.1116(30) «Знаки шляхів евакуації і маркіровка розташування устаткування», прийнятою 5 грудня 2017 року [5], з метою забезпечення одноманітності знаків безпеки, необхідних на суднах згідно правилам II-2/13, III/9, III/11 і III/20 Міжнародної конвенції SOLAS - 74, з 1 січня 2019 року набули чинності оновлені знаки та графічні символи, які разом з резолюцією A.952(23) «Графічні символи суднових схем протипожежного захисту» і з урахуванням стандартів ISO 3864, 7010, 17631, 17724, 24409-1, повинні використовуватися для позначення шляхів евакуації, розташування рятувальних засобів, а також позначень обов'язкових дій при спуску рятувального устаткування. Графічні символи ISO включені в резолюцію без яких-небудь змін.

З 8 січня 2019 року набули чинності поправки до Правил 4.3 і 5.1 Конвенцій про працю в морському судноплавстві 2006 року (MLC), прийняті Міжнародною організацією праці у 2016 році.

У Правилі 4.3 в Керівний принцип B4.3.1 - «Положення про нещасні випадки на виробництві, випадки травматизму та професійні захворювання» додано посилання на «Керівництво по викорінюванню домагань, знущань та утисків на борту судна», яке розроблене спільно з Міжнародною федерацією транспортників (ITF) і Міжнародною палатою судноплавства (ICS) [6]. Керівний принцип B4.3.6 також доповнений необхідністю розслідувати такі випадки домагань і знущань на борту суден.

Стандарт A5.1.3 доповнений положенням, що дозволяє компетентному органу або визнаній організації продовжити Свідоцтво про відповідність судна вимогам MLC на термін не більше за 5-ть (п'ять) місяців у разі, якщо поновлююча перевірка проведена до закінчення терміну дії Свідоцтва, але немає можливості негайно доставити нове Свідоцтво на борт судна. Нова поправка дозволить судну безперешкодно продовжити свою роботу у вказаних випадках.

До 30 квітня 2019 року відповідно до Регламенту Європейського Парламенту (EU) по моніторингу, звітності та верифікації (MRV) 2015/757 від 29.04.2015р. [7,8] усі судновласники або оператори, чиї судна валовою регістровою місткістю 5000 і більше, заходять в порти Євросоюзу, повинні подати перші звіти по моніторингу викидів CO_2 в Комісію Європейського Союзу (ЄС) та у адміністрацію держави прапора за звітний період з кожного судна, що знаходиться в зоні їх відповідальності. **До 30 червня 2019 року** усі такі судна повинні мати на борту відповідний документ про відповідність.

С 1 червня 2019 року набудуть чинності поправки до Додатка IV Міжнародної конвенції MARPOL-73/78, що прийняті Резолюціями MEPC.274(69) «Поправки до Додатка IV (Особливий район Балтійського моря і форма Свідо-

цтва ISPP)» і MEPC.275(69) «Встановлення дати вступу в силу Правила 11.3 Додатків IV до Конвенції МАРПОЛ відносно особливого району Балтійського моря», які були прийняті 22 квітня 2016 року.

Введене оновлене визначення терміну «нове пасажирське судно» згідно з поправками Резолюції MEPC.274(69) до Правила 1. Також відповідно змінам у Правилі 11, скидання стічних вод з таких суден з 1 червня 2019 року у межах особливого району забороняється за винятком випадків, коли на судні діє схвалена установка для обробки стічних вод, на яку видано посвідчення держави прапора, що засвідчує, про те що вона забезпечує стік, що відповідає нормам, передбаченим Керівництвом 2012 року по виконанню вимог до стоків і робочих випробувань установок стічних вод, прийнятих Резолюцією MEPC.227(64), з поправками. У зв'язку з цими поправками також внесені зміни у Форму Міжнародного свідоцтва про запобігання забрудненню стічними водами [9].

У Резолюції MEPC.275(69) встановлені дати введення в силу вимог по скиданню стічних вод з пасажирських суден в «особливому районі» Балтійське море: 2019 рік - для нових суден і 2021 рік - для існуючих, 2023 рік - для існуючих суден, що здійснюють одиничні прямі рейси в російські порти [10].

З 1 липня 2019 року набудуть чинності нові вимоги до дихальних апаратів із стислим повітрям, використовуваним при пожежогасінні. Нові вимоги були прийняті Резолюціями Комітету з безпеки на морі від 30 листопада 2012 року - MSC.338(91) «Схвалення поправок до Міжнародної конвенції по охороні людського життя на морі 1974 роки з поправками»: поправки введені до Правила 10 – «Боротьба з пожежею» Частини 3 Глави II-2 – «Конструкція - протипожежний захист, виявлення і гасіння пожежі», та MSC.339(91) /Corr.2 «Поправки до Міжнародного Кодексу по системах пожежної безпеки(Кодекс СПБ)»: поправки введені до Глави 3 – «Захист персоналу». Відповідно до цих поправок, дихальні апарати із стислим повітрям на суднах, побудованих до 1 липня 2014 року, повинні мати звукову сигналізацію та візуальний або інший пристрій, який попередить користувача до того, як об'єм повітря у балоні знизиться не менше чим до 200 л [11,12].

Також з 1 липня 2019 року набудуть чинності поправки до Міжнародного керівництва по авіаційному та морському пошуку і рятуванню (Керівництво IAMSAR), що введені 25 травня 2018 року циркуляром MSC.1/Circ.1594 «Amendments to the International Aeronautical and Maritime Search and Rescue(IAMSAR) Manual».

У Керівництво IAMSAR включений новий Розділ 1.8 по пошуку і рятуванню (SAR) морських рятувальних служб під час озброєного конфлікту, внесені значні оновлення Книги III. Нові поправки будуть включені у видання Керівництва IAMSAR з 2019 року [13] і відповідно до Правила V/21 Міжнародної конвенції SOLAS-74 на усіх суднах має бути актуальний екземпляр Книги III Керівництва IAMSAR.

З 1 вересня 2019 року набудуть чинності поправки до Додатка VI Конвенції MARPOL-73/78, що були прийняті 13 квітня 2018 року Резолюцією MEPC.301(72) «Поправки до Додатка VI до Конвенції МАРПОЛ (РКВ і необ-

хідний ККЕЕ для вантажних суден ро-ро і пасажирських суден ро-ро» (Правило 21 – «Необхідний ККЕЕ»). Міжнародна морська організація збільшила на 20% базову лінію, визначувану як орієнтовне значення ККЕЕ для вантажних і пасажирських суден ро-ро для кожного типу судна, яке залежить від розміру судна, і ввело порогове значення дедвейту [14].

13 жовтня 2019 року набудуть чинності поправки до Міжнародної конвенції про контроль суднових баластних вод і осадів і управління ними 2004 року (Конвенція УБВ). Поправки прийняті 13 квітня 2018 року Резолюціями МЕРС.296(72), 297(72) і 299(72).

Резолюція МЕРС.296(72) «Поправок до правил А- 1 і D – 3 (Кодекс по схваленню систем управління баластними водами (Кодекс СУБВ))» вводить вимогу в Правилі D-3 відносно схвалення систем управління баластними водами, встановлених на судні 28 жовтня 2020 року або після цієї дати, відповідно до Кодексу СУБВ, що був прийнятий Резолюцією МЕРС.300(72) «Кодекс по схваленню систем управління баластними водами (Кодекс СУБВ)», який також набуде чинності 13 жовтня 2019 року. Системи управління баластними водами, що встановлені на судні до 28 жовтня 2020 року схвалюют**ь**ся з урахуванням Керівництва по схваленню систем управління баластними водами (Керівництво(Р8)), прийнятого Резолюцією МЕРС.125(53) і Резолюціями МЕРС.174(58) і МЕРС.279(70) - його новими редакціями [15].

З моменту набуття чинності Конвенції УБВ з 8 вересня 2017 року (Резолюція МЕРС.287(71) «Здійснення Конвенції УБВ», що була прийнята 7липня 2017 року) сторони Конвенції повинні були перейти на новий графік (Правило В-3 з поправками) здійснення управління баластними водами, згідно рекомендацій ІМО [16]. Це було зроблено для усунення невизначеності відносно застосування суднами Правила В-3, які виникли із-за тривалого часового періоду (13 років) з моменту прийняття Конвенції УБВ до її набуття чинності.

Поправки до Правила В-3 – «Управління судновими баластними водами» були прийняті Резолюцією МЕРС.297(72) «Поправки до правила В-3 (Графік здійснення управління судновими баластними водами)». Поправки вводять графік, з якого випливає, що відповідність біологічному стандарту якості баластних вод, що описаний в Правилі D-2 [17], стає обов'язковим для усіх суден більше 400 рег.тонн, що знаходяться на етапі спорудження 8 вересня 2017 року і пізніше, тобто на них на момент поставлення замовнику мають бути встановлені схвалені системи очищення баластних вод [18]. Для суден, які знаходилися на етапі побудови до 8вересня 2017 року, графік впровадження обов'язкової відповідності стандарту Правила D-2 обмежений датою огляду для поновлення Міжнародного свідоцтва про запобігання забрудненню нафтою (ІОРР) [19], яка настане після 08.09.2017 року, а саме, згідно [18]:

1. Якщо найближчий поновлюючий огляд призначений та завершений між 08.09.2017р. та 08.09.2019р., то судно повинне відповідати вимогам Правила D-2 до наступного поновлюючого огляду.

2. Якщо поновлюючий огляд по ІОРР завершений до 08.09.2017р., то судно повинне відповідати вимогам Правила D-2 до наступного призначеного поновлюючого огляду по ІОРР.

Судна, валовою місткістю менше 400 рег. тонн, повинні відповідати Правилу D-2 з дати, встановленої державою прапора, але не пізніше за 8вересня 2024 року.

Резолюцією МЕРС.299(72) «Поправки до правил Е-1 і Е-5 (Записи про додаткові огляди в Міжнародному свідоцтві про управління баластними водами)» внесені поправки в Розділ 3 – «Вимоги до огляду і видачі посвідчень відносно управління баластними водами» [20].

Розглянуті Резолюції, що набувають чинності у 2019 році, переважно спрямовані на запобігання забруднення морського середовища з суден. Усі поправки чітко формулюють зміни та мають бути донесені до розуміння та враховані не лише персоналом судноплавних компаній та членами екіпажу, які безпосередньо на практиці повинні дотримуватися усіх вимог відповідних змінених документів Міжнародної морської організації, а також й викладачами, що здійснюють підготовку плавального складу для торгівельних суден, та використовувати ці зміни у навчальному процесі при викладанні дисциплін, пов'язаних з підготовкою моряків згідно вимогам Міжнародной конвенції про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року, з поправками.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Резолюція МЕРС.278(70) «Поправки до Додатка VI до Конвенції МАРПОЛ (Система збору даних по витраті палива судами)» Прийнята 28 жовтня 2016 р. Набула чинності 1 січня 2019 р.

2. Резолюція МЕРС.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. Сайт Асоціації Морських Капітанів Одеси (АМКО). - URL: http://amko.org.ua/index.php/novosti/5685-v-etom-godu-vstupit-v-silu-bolshoe-kolichestvo-novykh-pravil-kasayushchikhsya-ekipazhej.

4. Резолюція MSC.426(98) «Поправки до Міжнародного Кодексу щодо морського перевезення навалювальних вантажів (МК МПНГ)». Принята 15 червня 2017 р. Набула чинності 1 січня 2019 р.

5. Резолюція А.1116(30) «Знаки шляхів евакуації та маркіровка розташування устаткування». Прийнята 5 грудня 2017 р. Набула чинності 1 січня 2019 р.

6. **«Guidance on eliminating shipboard harassment and bullying»,** International Chamber of Shipping(ICS), International Transport Workers' Federation(ITF)**,** 2016. - URL: www.ics-shipping.org.

7. Regulation (EU) 2015/757 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2015 on the monitoring, reporting and verification of carbon dioxide emissions from maritime transport, and amending Directive 2009/16/EC (Text with EEA relevance). - URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN /TXT/?uri =celex%3A32015R0757.

8. Сайт ИСТОНТРАНСИНФО - URL: http://eti.at.ua/news/ vnedrenie _ reglamenta _ eu _ mrv _ prodvigaetsja _ vpered/2017-09-01-2776.

9. Резолюція МЕРС.274(69) «Поправки до Додатка IV (Особливий район Балтійського моря і форма Свідоцтва ISPP)». Прийнята 22 квітня 2016р. Набуде чинності 1 червня 2019 р.

10. Резолюція МЕРС.275(69) «Встановлення дати вступу в силу Правила 11.3 Додатків IV до Конвенції МАРПОЛ відносно особливого району Балтійського моря». Прийнята 22 квітня 2016 р. Набуде чинності 1червня 2019 р.

11. Резолюція MSC.338(91) «Схвалення поправок до Міжнародної конвенції по охороні людського життя на морі 1974 роки з поправками». Прийнята 30 листопада 2012 р. Набуде чинності 1 липня 2019 р.

12. Резолюція MSC.339(91) /Corr.2 «Поправки до Міжнародного Кодексу по системах пожежної безпеки (Кодекс СПБ)». Прийнята 30листопада 2012 р. Набуде чинності 1 липня 2019 р.

13. Циркуляр MSC.1/Circ.1594 Amendments to the International Aeronautical and Maritime Search and Rescue (IAMSAR) Manual. Adopted on 25May 2018. Shall enter into force on 1 July 2019.

14. Резолюція МЕРС.301(72) «Поправки до Додатка VI до Конвенції МАРПОЛ (РКВ і необхідний ККЭЭ для вантажних судів ро-ро і пасажирських суден ро-ро)». Прийнята 13 квітня 2018 р. Набуде чинності 1вересня 2019 р.

15. Резолюція МЕРС.296(72) «Поправки до правил A-1 і D-3 (Кодекс по схваленню систем управління баластними водами (Кодекс СУБВ))». Прийнята 13 квітня 2018 р. Набуде чинності 13 жовтня 2019 р.

16. Резолюція МЕРС.287(71) «Здійснення Конвенції УБВ». Прийнята 7липня 2017 року. Набула чинності 8 вересня 2017 р.

17. Міжнародна конвенція про контроль суднових баластних вод і осадів і управління ними, 2004 роки, з поправками.

18. Резолюцією МЕРС.297(72) «Поправки до правила B- 3(Графік здійснення управління судновими баластними водами)». Прийнята 13 квітня 2018 р. Набуде чинності 13 жовтня 2019 р.

19. Резолюція МЕРС.298(72) «Визначення огляду, згаданого в Правилі B-3, з поправками, Конвенції УБВ». Прийнята 13 квітня 2018 р. Набуде чинності 13 жовтня 2019 р.

20. Резолюція МЕРС.299(72) «Поправки до правил E-1 і E-5 (Записи про додаткові огляди в Міжнародному свідоцтві про управління баластними водами)». Прийнята 13 квітня 2018 р. Набуде чинності 13 жовтня 2019 р.

УДК 159.943

Розлуцький О.М.
Національний університет "Одеська морська академія"

Вплив суб'єктивних факторів на безпечну експлуатацію суден

Безпечна експлуатація суден багато в чому залежить від функціональної ефективності їх екіпажів, яка, в свою чергу, обумовлена наступними суб'єктивними факторами:

- професійним рівнем моряків;
- рівнем виробничої дисципліни;
- психофізіологічним станом членів екіпажів суден.

Надалі слід встановлювати, якою мірою кожен з цих суб'єктивних чинників впливає на безпечну експлуатацію суднової енергетичної установки (СЕУ).

Як показує статистика аварійності світового флоту, 60-80% всіх нещасних випадків із суднами відбувається внаслідок людського фактора. Розслідування аварійних випадків із суднами показує, що вони відбуваються не тільки через помилки і упущення моряків, а також помилки лоцманів, персоналу і берегових підрозділів, що здійснюють і забезпечують безпечну експлуатацію цих суден (управлінці компаній, диспетчери, гідрографи, метеорологи і т.п.).

Разом з тим вирішальна роль в забезпеченні безпеки судна належить його екіпажу і, в першу чергу, командному складу. Специфіка роботи екіпажу полягає в тому, що, будучи завершальною ланкою системи морського флоту, він відчуває на собі всі недоліки організації експлуатації та управління флотом, а також функціональних систем морського транспорту, усі негативні впливи зовнішніх умов. Весь тягар що створюється через ці недоліки, у вигляді складних і аварійних ситуацій перепадає на екіпажі суден. Аналіз аварійних ситуацій показує, що часто їх результат залежить від суб'єктивних факторів. Це в основному обумовлено різним рівнем функціональної ефективності суднових екіпажів, який визначається перерахованими вище суб'єктивними факторами, виходячи з особистісних якостей кожного члена екіпажу (кваліфікації, професіоналізму, підготовки до дій в екстремальних умовах, організованості, діловитості і дисциплінованості). Саме цим при інших рівних умовах можна пояснити різке розходження в технічному стані суден однієї і тієї ж серії, що працюють в аналогічних умовах, але мають показники які істотно відрізняються за витратами часу і кількістю коштів на ремонт, а також чисельністю аварійних випадків із суднами і наслідками аварійних випадків з технічних причин. Порівняльні статистичні дані по морським суднам за останніх п'ятнадцять років показують, що кількість аварійних випадків, що сталися з технічних причин, наростає.

В цієї статті розглянемо вплив професійного рівня моряків на безпечну експлуатацію суден.

Професіоналізм формується як в період навчання, так і в процесі професійної діяльності. Професійна підготовка - це процес оволодіння комплексом загальноосвітніх і технічних знань, навичок та вміння. У свою чергу, фор-

мування теоретичних знань необхідних майбутньому фахівцю це тільки перший етап професійної підготовки.

Якщо в процесі загальноосвітнього навчання майбутнього механіка закладається фундамент професійної діяльності (часто ще не конкретизованої в його свідомості), то в процесі навчання за фахом, в морській академії, формується майбутній (вже конкретний) фундамент його професіоналізму. Формування навичок - це і є другий етап професійної підготовки, який має велике значення для суднових механіків, адже підготовка суднового механіка орієнтована на вирішення конкретних завдань з технічної експлуатації суднової техніки. Зовсім не випадково в процесі навчання в морській академії первинним навичкам за фахом приділяється велика увага: це і велика кількість лабораторних робіт, і практика в майстернях, і плавальна практика на суднах і тренажерна підготовка.

Навички - це дії, які виконуються легко, швидко і якісно. Очевидно, що прийшовши на судно в якості суднового механіка, молодий фахівець ще не володіє достатніми навичками, які приходять з досвідом. Досвідченою людиною називають таку, яка пройшла багато випробувань, подолав масу проблем, вирішила велику кількість складних завдань і т.п.. Тому, в процесі навчання за фахом майбутні механіки вивчають характерні несправності і відмови суднових технічних систем які зустрічаються в процесі експлуатації СЕУ. Ці знання дозволяють їм приймати на судні правильні рішення при виникненні різних нестандартних ситуацій, включаючи і аварійні. Проте, моторист, який навіть відмінно володіє навичками технічного обслуговування суднових систем, у багатьох випадках не може прийняти правильного рішення, хоча він і має навички. Для професії моториста навичок достатньо, а для професії суднового інженера-механіка - їх мало.

Велике значення у формуванні професійної майстерності має вміння. Формування вміння є третім етапом професійної підготовки (професійного вдосконалення). Поняття "вміння" і "навички" не тотожні. Оволодіння певним видом діяльності передбачає формування багатьох навичок. Наприклад, щоб розібрати сепаратор, форсунку і т.п., необхідно знати їх конструкцію, вміти читати креслення і звертатися з інструментами, пристосуваннями і т. д. Сукупність навичок, що відносяться до однієї і тієї ж діяльності, є основою вміння. Однак вміння не збігається з простою сумою навичок, воно має більш глибоку сутність.

У найзагальнішому сенсі вміння - це набута готовність свідомо вирішувати ту чи іншу задачу. Якщо, наприклад, курсант вже володіє первинними навичками розбирання та збирання суднових технічних устроїв, ще не може самостійно прийняти правильне рішення щодо визначення причини несправності і способу її усунення, то це говорить про те, що він ще не володіє професійним вмінням.

Вміла дія - це дія зі знанням справи. Значить, поряд з навичками в вміння включається система знань. Система знань разом з системою навичок створюють готовність свідомо вирішувати ті чи інші завдання. Вміння припускає також хорошу адаптацію під час експлуатації нових, раніше незнайомих судно-

вих технічних систем. Воно включає елементи творчості. Діяти вміло - значить, діяти з розумом, знаходити найбільш раціональні способи вирішення нестандартних ситуацій.

Слід також розрізняти професіоналізм і кваліфікацію спеціаліста.

Кваліфікація (від лат. Qualis - якість) - рівень підготовки випускників навчальних закладів, ступінь або рівень прояву професійних достоїнств, ступінь відповідності певному рівню професійних вимог. Як правило, кожна посада має свій набір кваліфікаційних вимог.

Під діловими якостями фахівця слід розуміти кваліфікацію, організаторські здібності, вміння акумулювати різні думки, інформованість, ініціативність, дисциплінованість. Ділові якості в основному формуються в процесі практичної роботи і більшою мірою визначаються досвідом роботи і особистими якостями людини (здібності, риси характеру, ставлення до справи). Досвід сприяє формуванню таких якостей, як інтуїція, загострене почуття небезпеки, розумна обережність, особиста відповідальність, тобто якості, без яких немає професійної майстерності. Досвід нічим замінити не можна. Це підтверджується великим числом аварійних ситуацій, коли успішний результат забезпечується прийняттям єдино правильного в даній ситуації рішення. Ділові якості повинні бути основним критерієм відповідності суднового механіка займаної посади і просування його по службі. Це є одним з головних умов зниження технічної аварійності на суднах.

Вчити треба професії, а не дисциплінам. Морська освіта має сприяти освоєнню спеціальних знань і умінь до рівня професіонала. В цьому і має полягати суть навчальних закладів - формування професійних компетенцій передбачених в ПДМНВ – 78.

Є певний дисбаланс між якістю і кількістю випущених морськими вузами фахівцями. Цьому є сяке-таке пояснення. По - перше це не цілком обдумане складання навчальних планів підготовки, яке на початковому етапі навчання, призводить до неготовності вчорашніх школярів сприймати вузівські дисципліни за професійним спрямуванням. І як результат з'являється прогалина в знаннях, яка може привести надалі до помилок в діях...

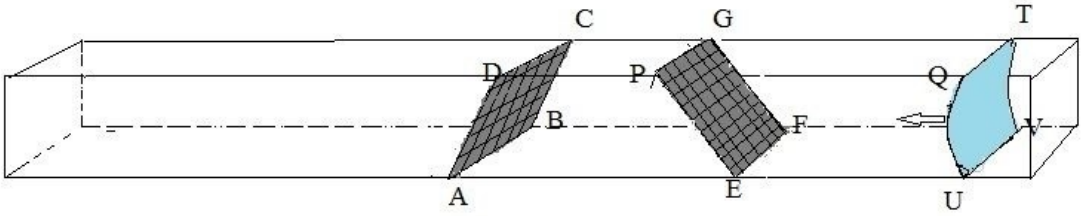
УДК 533.6.011

Копейка П.И., Чабан Е.Х.
Национальный университет «Одесская морская академия»

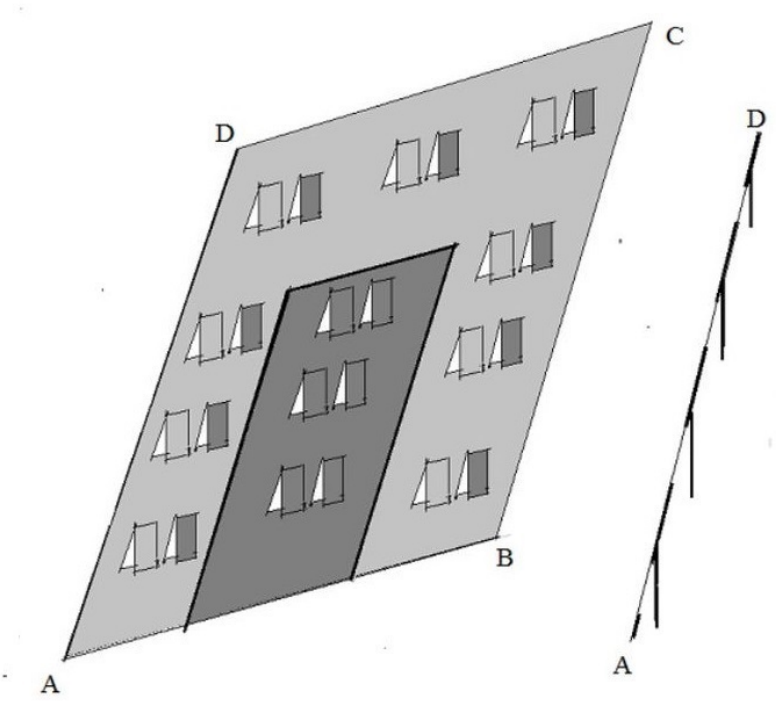
Численное исследование запирания взрывных волн в шахтных каналах ловушкой с двумя полупроницаемыми экранами

Продолжающиеся взрывы в угольных шахтах ведут к необходимости поиска технологий для защиты шахтеров от самопроизвольных взрывных процессов. Одним из направлений предотвращения взрывов является постоянное регулирование концентрации горючей газовой смеси во всех участках плоского канала. В работе рассматривается процесс предотвращения последствий

распространяющейся по каналу ударной волны путем ее запирания в ограниченной области внутри плоского канала с двумя экранами разной односторонней проницаемости [1].



Фиг.1. Схема шахтного канала с двумя полупроницаемыми экранами



Фиг.2. Схема полупроницаемого экрана ABCD в двух видах

Такая область выполняет роль ловушки для ударных волн. Заходящая в область ловушки ударная волна не выпускается из этой ограниченной области экранами разной односторонней проницаемости, установленных на концах ловушки внутри канала. Ловушка включает два экрана ABCD и EFGP с односторонней проницаемостью противоположного направления, которые расположены на некотором расстоянии друг от друга. Проницаемость экранов направлена внутрь области между экранами так, что ударная волна UVTQ (фиг. 1), которая достигла экран, открывает окна первого экрана EFGP и заходит внутрь области между экранами и затем, достигнув второго экрана ABCD закрывает форточки этого экрана и, меняя направление движения, остается внутри области между экранами. Затем, двигаясь к первому экрану, закрывает его форточки и меняет направление движения к другому экрану и, таким образом, многократно движется от первого ко второму экрану, и не выходит из области между полупроницаемыми экранами ABCD и EFGP. На фиг. 1 показана схема размещения полупроницаемых экранов ABCD и EFGP в канале. Каждый из экранов наклонен к горизонтальной поверхности под углом, меньшим 90 гра-

дусов для вентиляции канала и в плоскости каждого канала предусмотрены двери с той же односторонней проницаемостью, которые открываются внутрь области между экранами. Форточки на полупроницаемых экранах (фиг. 2) под действием силы тяжести расположены вертикально и не закрывают окна в полупроницаемом экране невозмущенного канала, что позволяет проветривать шахтный канал.

Волновой процесс моделируется системой дифференциальных уравнений газовой динамики в двухмерной нестационарной постановке, выражающей законы сохранения массы, импульса и энергии [2].

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + div(\rho \bar{v}) = 0, \qquad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial \tau} + div(\rho u \bar{v}) + \frac{\partial p}{\partial x} = 0, \qquad (2)$$

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial \tau} + div(\rho u \bar{v}) + \frac{\partial p}{\partial y} = 0, \qquad (3)$$

$$\frac{\partial(\rho E)}{\partial \tau} + div(\rho E \bar{v}) + div(p \bar{v}) = 0, \qquad (4)$$

которая дополнена уравнением состояния среды в виде:

$$E = \frac{p}{(\gamma - 1)\rho} + \frac{v^2}{2}, \qquad (5)$$

где $\bar{v}$ - скорость среды (u, v - составляющие скорости), ρ - плотность, p - давление, E - полная энергия, γ - показатель адиабаты Пуассона.

Искомыми функциями системы уравнений (1)-(5) являются функции u, v, ρ, p, E, зависящие от трех независимых переменных x, y, τ.

Система дифференциальных уравнений (1) - (5) решается численно методом «крупных частиц».

Расчет изменения картины движения газа состоит из многократного повторения шагов по времени (циклов), а расчет каждого временного цикла в свою очередь разбивается на три этапа [3].

1 этап. На этом этапе вычисляются приближенные значения давления $\tilde{p}$ и двух составляющих скорости $\tilde{u}, \tilde{v}$ в предположении, что жидкость предполагается заторможенной, т.е. конвективные члены вида div (s$\rho \bar{v}$), где s=(1,u,v,E), соответствующие эффектам перемещения, в системе(1)-(4) откидываются.

2 этап. На данном этапе вычисляются эффекты переноса, учитывающие обмен между ячейками, т.е. вычисляются за время $\Delta\tau$ потоки массы через ячейки $\Delta M^n_{\mathbf{i}-\frac{1}{2},j}, \Delta M^n_{i,j-\frac{1}{2},}, \Delta M^n_{i,j+\frac{1}{2}}, \Delta M^n_{i+\frac{1}{2},j}$;

3 заключительный этап. На этом этапе определяются окончательные параметры потока газа u, v, p, ρ, E в момент времени $\tau^{n+1} = \tau^n + \Delta\tau$ на осно-

вании законов сохранения массы, импульса и энергии для каждой фиксированной ячейки (кроме граничных ячеек) всей сетки по формулам:

$$\rho_{i,j}^{n+1} = \rho_{i,j}^{n} + \frac{\Delta M^{n}_{i-\frac{1}{2},j} + \Delta M^{n}_{i,j-\frac{1}{2}} - \Delta M^{n}_{i,j+\frac{1}{2}} - \Delta M^{n}_{i+\frac{1}{2},j}}{\Delta x \cdot \Delta y} \qquad (6)$$

$$x_{i,j}^{n+1} = \frac{\rho_{i,j}^{n}}{\rho_{i,j}^{n+1}} \cdot \tilde{x}_{i,j}^{n} +$$

$$+ \frac{\tilde{x}_{i-1,j}^{n} \cdot \Delta M^{n}_{i-\frac{1}{2},j} + \tilde{x}_{i,j-1}^{n} \cdot \Delta M^{n}_{i,j-\frac{1}{2}} + \tilde{x}_{i+1,j}^{n} \cdot \Delta M_{i+1,j}^{n} - \tilde{x}_{i,j+1}^{n} \cdot \Delta M^{n}_{i,j-\frac{1}{2}}}{\rho_{i,j}^{n+1} \cdot \Delta x \cdot \Delta y},$$

причем u,v,E вычисляются по формулам (6), если вместо $x\,(\tilde{x})$ подставить соответственно $u,v,E\,(\tilde{u},\tilde{v},\tilde{E})$ с соответствующими индексами.

На основании приведенных формул метода «крупных частиц» составлен алгоритм и программа на языке Фортран-77.

Результаты расчета параметров газа приводятся в виде таблиц и графиков изменения давления, плотности, составляющих скорости, полной энергии [3].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Патент на корисну модель № 130378. Пастка для уловлювання та затримання вибухових хвиль в шахтних каналах. Зареєстровано в державному реєстрі патентів України 10.12.2018.
2. О.М.Белоцерковский, Ю.М.Давыдов. Метод крупных частиц в газовой динамике. М.Наука.1982.
3. П.И. Копейка, Е.Х. Чабан. Запирание ударных волн в заданной области, ограниченной экранами разной односторонней проницаемости. Теория и практика процессов измельчения, разделения, смешения и уплотнения. Сборник научных трудов. Одесса, 2003.

УДК: 378.147:504:373.66

Іванов О.І.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Аналіз виконання курсантами розділу дипломних робіт з питань професійної безпеки

Дипломный проект является самостоятельной творческой работой, в которой курсант (студент) отвечает за принятые решения, правильность выполненных расчетов и литературное изложение пояснительной записки. При этом курсант (студент) должен быть в курсе вопросов типовых решений, которые применяются в проектных организациях и на производстве, кроме того, нельзя

отступать от типичных разработок, предлагая новые технически обоснованные решения. Особое внимание должно уделяться технико-экономическому анализу принятых решений с учетом требований экологии, безопасности, надежности и т.д.

Охрана труда - одна из важных социально-экономических проблем современного общества. В нашей стране уже достаточно длительное время реализуется широкая программа социально-экономических мероприятий, направленных на оздоровление производственной и окружающей среды, улучшения условий труда, быта, отдыха, повышения уровня жизни и здоровья населения. В сфере производства внимание уделяется созданию необходимых санитарно-гигиенических, морально-психологических, безопасных, здоровых условий труда технологического персонала. Применение в современном производстве сложного оборудования, новых материалов, электрической энергии и газа требует от административного персонала строгого соблюдения и выполнения условий охраны труда.

Еще недавно порядок изучения и объем учебного времени дисциплин «Безопасность жизнедеятельности», «Гражданская защита» и «Основы охраны труда» определялся согласно государственных требований - приказа Министерства образования и науки Украины, Министерства Украины по вопросам чрезвычайных ситуаций и по делам защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы и Государственного комитета Украины по промышленной безопасности, охране труда и горному надзору от 21.10.2010 года № 969/922/216 «Об организации и совершенствовании обучения по вопросам охраны труда, безопасности жизнедеятельности и защиты в высших учебных заведениях Украины».

В сфере образования были установлены требования к обучению и организации дипломного проектирования в высших учебных заведениях Украины. Согласно данного приказа, обязательным для студентов вузов является изучение дисциплин «Безопасность жизнедеятельности», «Охрана труда», «Охрана труда в отрасли» и «Гражданская защита». Кроме того, выпускные работы специалистов и магистров должны содержать раздел «Охрана труда и безопасность в чрезвычайных ситуациях», а выпускные работы бакалавров (младших специалистов) - раздел «Охрана труда».

Этот приказ устанавливал нормы часов для изучения нормативных дисциплин.

Нормативные дисциплины "Безопасность жизнедеятельности", "Основы охраны труда", "Охрана труда в отрасли" и "Гражданская защита" изучаются всеми студентами, курсантами и слушателями высших учебных заведений Украины (далее - студенты), кроме учебных заведений Министерства внутренних дел Украины: "Безопасность жизнедеятельности" - на 1-м или 2-м курсе с общим объемом не менее 1,5 кредита ЕСТ (54 академических часа) . Форма итогового контроля знаний - дифференцированный зачет; "Основы охраны труда" - на 2-м или 3-м курсе (младший специалист), на 4-м курсе (бакалавр) с общим объемом не менее 1,5 кредита ЕСТ (54 академических часа). Форма итогового контроля знаний - экзамен; "Охрана труда в отрасли" - на 4-м курсе

(младший специалист), на 5-м курсе (специалист, магистр) с общим объемом не менее 1 кредита ECTS (36 академических часов). Форма итогового контроля знаний - экзамен; "Гражданская защита" (вместо дисциплины "Гражданская оборона") - на 5-м или 6-м курсе (специалист, магистр) с общим объемом не менее 1 кредита ECTS (36 академических часов). Были разработаны типовые программы по этим дисциплинам.

Все было ясно и определено.

Однако, Кабинет Министров Украины отменил указанный приказ распоряжением № 590-р от 30.05.2014 года.

Решение это было принято с благой целью – мол, каждое высшее учебное заведение само определит, тематику и объем читаемых дисциплин. Но отрицательное воздействие оказало снижение нагрузки в целом. Каждое подразделение предположило, что не стоит отдавать часы на изучение казалось бы неактуальных дисциплин. А, тем более, на казалось бы, второстепенный раздел в дипломе – безопасность жизнедеятельности. Но, даже, капиталисты, трезво оценили значениеэтих навыков.

SAFETY FIRST! Сегодня такой слоган можно прочитать на лобовой переборке многих судов!

Зарубежные аналитики подсчитали, во что обходится гибель работоспособного члена общества. Жизнь взрослого обученного специалиста, способного в течение многих лет приносить трудовой вклад оценили в миллион долларов! Т.е., с гибелью каждого работника, страна терпит убыток в миллон долларов. Не считая морального ущерба для близких – потеря кормильца, потеря члена семьи, потеря родственника, потеря и финансового плана.

Если не оращать внимание на качество подготовки курсанта к опасностям предстоящей работы, да и жизни в целом, возникают пробелы в определении опасностей на борту судна. Это приводит к неподготовленности членов экипажа, к недостаточной готовности к борьбе за живучесть судна, а следовательно, и к борьбе за собственное здоровье и жизнь. Это отмечают и специалисты крюинговых компаний., что, в свою очередь, вызывает недовольство судоходных компаний.

Таким образом, можно сделать вывод, что ни в коем случае нельзя снижать требовательность к подготовке курсантов в вопросах охраны труда, безопасности жизнедеятельности, противопожарной безопасности и борьбы за живучеесть судна в целом.

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ ТА ІНШОМОВНА ПІДГОТОВКА СУДНОВИХ ІНЖЕНЕРІВ

УДК: 514.8

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

Розробка ескізів технічних виробів – важливий інструмент інженерної діяльності

В даний час рівень розвитку техніки потребує якісну підготовку інженерів. Розробка ескізів, як і виконання креслень технічних виробів, є важливою складовою будь-якої інженерної діяльності. Умінням правильно виконати і прочитати креслення студенти (курсанти) оволодівають в результаті вивчення дисципліни «Нарисна геометрія та інженерна графіка».

Основна мета предмету – розвиток у курсантів просторової уяви, образного мислення, здібностей майбутніх фахівців до аналізу і синтезу просторових форм на основі графічних моделей, що реалізовуються у вигляді ескізів, креслень, аксонометричних проекцій, технічного малюнка, перспективи і інших способів відображення простору, що оточує нас, на площині.

Слово ескіз походить від французького esquisse і означає попередній нарис, що фіксує задум якогось виробу або окремої його частини. Ескізи призначаються не лише для разового використання в умовах виробництва (наприклад, при ремонтних роботах, при проведенні науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, при виготовленні дослідного зразка), але і при проектуванні виробів. Особливо це важливо на стадії технічної пропозиції, коли проектувальник (конструктор) зайнятий пошуком найкращих варіантів вирішення поставлених перед ним завдань. В процесі цього пошуку він спілкується з колегами, ділиться своїми ідеями і знахідками і без нарисів від руки на листках паперу йому не обійтися. Коли ж йдеться про разовий конструкторський документ, що передається у виробництво, то ескіз за своїм змістом нічим не відрізняється від креслення.

При розробці ескізів технічних виробів доводиться дотримуватись не лише правил виконання цих конструкторських документів, але і враховувати велику кількість вимог до самих креслень виробів. У зв'язку з цим при вивченні дисципліни інженерної графіки студенти (курсанти) вже на першому курсі знайомляться з такими вимогами.

Основне завдання таких занять – вивчення способів побудови будь яких графічних моделей простору. Як підтримку класичного способу викладання пропонуються елементи комп'ютерної графіки (як спосіб створення, накопичення, зберігання і передачі графічної інформації) на основі AUTOCAD, Компас. Майбутні інженери на заняттях з графічних дисциплін повинні познайомитися з різними видами виробів: деталі, складальні одиниці, комплекси і комплекти, які характеризуються багатьма параметрами, що визначають в своїй сукупності їх якість.

Одним з найважливіших параметрів деталей і інших технічних виробів є їх геометрична форма. Вона визначає не лише конструктивну доцільність, але і технологічність виготовлення виробів, а разом з іншими параметрами і експлуатаційні властивості (міцність, зносостійкість, довговічність, вага).

Більшість технічних виробів мають поєднання простих за формою поверхонь – циліндрів, сфер, конусів, площин довільно орієнтованих відносно один одного.

До макрогеометрії поверхонь відносяться форма, розміри і взаємне положення виробу в цілому. Поверхні в різних поєднаннях визначають геометричну форму виробів. В даний час відновлюється роль знань геометрії через системне представлення графічних основ геометричного моделювання, що оптимізує структуру і склад вмісту знань за рішенням завдань інженерної графіки (здобуття, переробка і передача інформації на геометричній моделі, що приводять їх у відповідність із знаннями комп'ютерної геометрії, що розвивається). Тут же закладаються основи конструктивного використання і усвідомленого освоєння комп'ютерної технології геометричного моделювання, що розвивається.

До мікрогеометрії відноситься нерівність поверхні, що виходить в результаті обробки, яка називається мікрорельєфом або шорсткістю. У цьому розділі представлені знання по властивостях технічних систем і методам їх дослідження, проектування, конструювання і технології виготовлення, а також основи технології побудови графічних інформаційних моделей виробів.

Спроектувати технічний виріб – означає визначити всі його параметри. Що стосується форми поверхні деталей, то вона має бути не лише геометрично, але і метрично визначеною, тобто мати свої розміри і інформацію про взаємне положення. Окремі поверхні виробів мають різні стосунки до поверхонь інших виробів, що сполучаються. При розробці креслень виробів слід враховувати різницю вимог до цих поверхонь, а також до параметрів форми і положення

Будь-яка закономірна поверхня (або її відсік) може бути задана певною кількістю розмірів, що однозначно визначають її форму (параметри форми) і положення в прийнятій системі координат відносно інших поверхонь (або її відсіків), що обмежують деталь (параметри положення). Простановка розмірів – одна з найбільш відповідальних стадій при виконанні креслення. Слід розрізняти: задання розмірів і нанесення розмірів.

Задати розміри - означає визначити, які саме розміри потрібні на кресленні, щоб по ним можна було виготовити виріб, а нанести розміри – означає оформити креслення з дотриманням існуючих правил по ГОСТУ 2.307-68.

Задання розмірів залежить від багатьох чинників – конструктивних, міцностних, технологічних та ін. Можна правильно проставити розміри з точки зору державного стандарту.

Тому при вивченні графічних дисциплін студентам (курсантам) необхідно знайомитися з поняттями «базування» і «база» і використовувати їх до простановки розмірів.

Вибір найбільш доцільного варіанту задання розмірів залежить від рівня знань, придбаних студентом (курсантом) вже на ранніх стадіях вивчення графічної дисципліни.

Параметризацію мікрогеометрії поверхонь (шорсткість) студенти (курсанти) не можуть задавати на ескізах деталей із знанням справи, тому вони вимушені визначати її порівнянням з еталонами поверхонь, оброблених різними способами з різною мірою чистоти. Тут важливим є навчити майбутніх інженерів грамотно наносити знаки шорсткості поверхонь по правилах, викладеним в ГОСТ 2.309-73. Питання параметризації макро і мікрогеометрія поверхонь технічних виробів, що виникає у студентів (курсантів) при виконанні ними ескізів деталей, можна з'ясувати в різній довідковій і навчальній літературі, наприклад, детально освітлюють в одному з розділів навчального посібника «Інженерна та комп'ютерна графіки» [1].

Можна сказати, що в навчальному процесі при підготовці інженерів, необхідно приділяти серйозну увагу виконанню ескізів технічних виробів. Було б неправомірно замінювати цей вид інженерної діяльності комп'ютерними технологіями. В даний час принципово змінився процес розробки креслень по тривимірних моделях. При значному спрощенні він стає точнішим і надійнішим, але наявність конструкторських баз знань розширює сферу можливостей для творчої діяльності майбутніх фахівців.

За традиційними графічними засобами інженерної графіки залишається розробка змістовних ескізів, по яких з розвитком комп'ютерних технологій можуть бути отримані не лише їх двомірні, але і тривимірні комп'ютерні креслення. На їх основі формуються уміння використовувати прості графічні способи вирішення завдань геометричного моделювання, що залишаються в умовах нових інформаційних технологій. А уміння складати ескізи і розробляти конструкторську і технічну документацію виробів засобами комп'ютерної графіки, використовуючи графічні бази даних, є одним з вимог до підготовки сучасного інженера.

Інженерна графіка в даний час необхідна для формування умінь і навиків викладання технічних ідей за допомогою розробки ескізів або креслення, а також відтворення властивостей і принципу дії виробу. Вивчення інженерної графіки розвиває у студентів (курсантів) образне мислення і просторову уяву, які і складають основу графічної культури майбутнього фахівця.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

В.Є. Михайленко, В.М. Найдиш, А.М. Підкоритов, І.А. Скидан. "Інженерна та комп’ютерна графіка"; за редакцією В.Є. Михайленко. - К.: Виша школа, 2000. - 342 с.

УДК 531.24-3

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

Розрахунок центру ваги судна як задача курсу «Теоретична механіка»

В останні роки відбувається скорочення учбових годин дисциплін фізично-математичного циклу для отримання освітнього рівня бакалавр.

Теоретична механіка теж суттєво зазнала скорочення учбових годин та періоду часу на вивчення цієї дисципліни. Знання теоретичної механіки необхідні майбутньому фахівцю для розуміння механічних явищ, з якими йому доведеться зустрітися у своїй фаховій діяльності.

Основне завдання вивчення дисципліни полягає в тому, щоб курсанти засвоїли основні закони механіки та вміли застосувати їх в практичній діяльності. При даній кількості аудиторних годин необхідно шукати нові шляхи для вивчення дисципліни. Один із шляхів досягнення результату вимагає від викладача мотивувати курсанта та показати, як отримані знання він може використати в фаховій діяльності. З цією метою кожна тема, яку вивчає курсант, максимально повинна бути пов'язана з майбутньою професією, і це викликає зацікавленість у курсанта при вивченні предмету.

Крім того, треба показувати, де знання з теоретичної механіки будуть використані в спеціальних та загальнонаукових дисциплінах.

Як приклад, розглянемо тему: «Центр ваги тіла».

Під час вивчення цієї теми курсант розраховує центр ваги судна. Тип судна (схема відсіків судна) та необхідні дані курсант отримує індивідуально.

Задача. Розрахунок центру ваги судна

Судно водотоннажністю Δ = 23045 т має масу М0 = 6382 т (без вантажу та палива)

Координати його центра ваги (без вантажу та палива) X_0 = – 11,2 м , Z_0 = 9,62 м. Вісь Х розташована вздовж кілю судна у напрямі на ніс, вісь Z – вертикально. Числа на осі Х відповідають номерам шпангоутів.

Судно бункерують паливом масою $m_П$ = 2856 т з координатами $X_П$ = - 7,9 м, $Z_П$ = 3,15 м.

Всі вантажні приміщення (6 трюмів та 7 твіндеків) об'ємами WH, повністю заповнюють вантажем з густиною ρ_i, яка вказана у таблиці 3. Характеристики вантажних приміщень вказані у таблиці 1.

Завдання: Знаючи координати трюмів та твіндеків, знайти початок координат та накреслити його на схемі судна. Визначити масу вантажу кожного приміщення судна, загальну масу судна і розрахувати координати центру ваги судна для трьох варіантів завантаження та дані внести у таблицю 2. Проаналізувати отримані результати і обрати оптимальний варіант завантаження (з найменшим значенням модуля Хс). Для цього варіанту на схемі судна вказати маси вантажів та координати центру ваги судна.

Таблиця 1. Характеристики вантажних приміщень.

Назва приміщення	Шпангоути	насипний вантаж		
		W_H, м^3	X, м	Z, м
Трюм № 1	15-39	610	58,51	7,39
Трюм № 2	39-64	2650	40,94	5,71
Трюм № 3	64-86	3160	22,34	5,57
Трюм № 4	90-111	3080	0,77	5,53
Трюм № 5	111-133	3160	-17,41	5,57
Трюм № 6	163-183	960	-59,41	7,93
Твіндек № 1	15-39	730	59,04	11,67
Твіндек № 2	39-64	1620	41,24	11,75
Твіндек № 3	64-86	1690	22,47	11,71
Твіндек № 4	90-111	1630	0,77	11,72
Твіндек № 5	111-133	1690	-17,47	11,71
Твіндек № 6	163-188	1250	-61,74	12,31
Твіндек - бак	15-35	870	60,55	15,65
Загалом		23100		

Розрахунок центру ваги судна.

Дано: $\Delta = 23045$ т, $M_0 = 6382$ т, $X_0 = -11{,}2$ м, $Z_0 = 9{,}62$ м, $m_П = 2856$ т, $X_П = -7{,}9$ м, $Z_П = 3{,}15$ м.

Таблиця 2. Вантаж з густиною ρ, (т/м3)

Назва приміщення	Варіанти завантаження		
	1	*2*	*3*
Трюм № 1	0,5	0,5	0,3
Трюм № 2	0,6	0,5	0,3
Трюм № 3	0,8	0,5	0,8
Трюм № 4	0,5	0,5	0,8
Трюм № 5	0,7	0,5	0,8
Трюм № 6	0,4	0,5	0,3
Твіндек № 1	0,3	0,5	0,3
Твіндек № 2	0,4	0,5	0,3
Твіндек № 3	0,7	0,5	0,7
Твіндек № 4	0,6	0,5	0,7
Твіндек № 5	0,8	0,5	0,7
Твіндек № 6	0,5	0,5	0,3
Твіндек - бак	0,4	0,5	0,3

Оскільки $P_i = m_i g$, то у формулах для розрахунку координат центра ваги можна замість ваги брати масу елементу (вантажу).

Маса вантажу в приміщені: $m_i = W_H \cdot \rho_i$ (т).

Результати розрахунків вносимо в таблицю 3:

Таблиця 3.

Назва приміщення	маса, m_i (т)			$m_i \cdot X_i$ (т·м)			$m_i \cdot Z_i$ (т·м)		
	Варіанти завантаження			Варіанти завантаження			Варіанти завантаження		
	1	*2*	*3*	*1*	*2*	*3*	*1*	*2*	*3*
Трюм № 1	305	305	183	17845,6	17845,6	10707,3	2254,0	2254,0	1352,4
Трюм № 2	1590	1325	795	65094,6	54245,5	32547,3	9078,9	7565,8	4539,5
Трюм № 3	2528	1580	2528	56475,5	35297,2	56475,5	14081,0	8800,6	14081,0
Трюм № 4	1540	1540	2464	1185,8	1185,8	1897,3	8516,2	8516,2	13625,9
Трюм № 5	2212	1580	2528	-38510,9	-27507,8	-44012,5	12320,8	8800,6	14081,0
Трюм № 6	384	480	288	-22813,4	-28516,8	-17110,1	3045,1	3806,4	2283,8
Твіндек № 1	219	365	219	12929,8	21549,6	12929,8	2555,7	4259,6	2555,7
Твіндек № 2	648	810	486	26723,5	33404,4	20042,6	7614,0	9517,5	5710,5
Твіндек № 3	1183	845	1183	26582,0	18987,2	26582,0	13852,9	9895,0	13852,9
Твіндек № 4	978	815	1141	753,1	627,6	878,6	11462,2	9551,8	13372,5
Твіндек № 5	1352	845	1183	-23619,4	-14762,2	-20667,0	15831,9	9895,0	13852,9
Твіндек № 6	625	625	375	-38587,5	-38587,5	-23152,5	7693,8	7693,8	4616,3
Твіндек - бак	348	435	261	21071,4	26339,3	15803,6	5446,2	6807,8	4084,7
Загалом	$\sum m_i$			$\sum m_i \cdot X_i$			$\sum m_i \cdot Z_i$		
	13912	11550	13634	105129,9	100107,7	72921,9	113752,7	97363,7	108009

Перший варіант завантаження:

Загальна маса судна:

$$M_c = M_0 + m_П + \sum m_i = 6382 + 2856 + 13912 = 23150 \text{ т.}$$

Координати центра ваги судна:

$$X_c = \frac{M_0 \cdot X_0 + m_П \cdot X_П + \sum m_i \cdot X_i}{M_c} =$$

$$\frac{6382 \cdot (-11{,}2) + 2856 \cdot (-7{,}9) + 105129{,}9}{23150} = 0{,}48 \text{ м,}$$

$$Z_c = \frac{M_0 \cdot Z_0 + m_П \cdot Z_П + \sum m_i \cdot Z_i}{M_c} = \frac{6382 \cdot 9{,}62 + 2856 \cdot 3{,}15 + 113752{,}7}{23150} = 7{,}95 \text{ м.}$$

Другий варіант завантаження:

Загальна маса судна:

$$M_c = M_0 + m_П + \sum m_i = 6382 + 2856 + 11550 = 20788 \text{ т.}$$

Координати центра ваги судна:

$$X_c = \frac{M_0 \cdot X_0 + m_П \cdot X_П + \sum m_i \cdot X_i}{M_c} = \frac{6382 \cdot (-11{,}2) + 2856 \cdot (-7{,}9) + 100107{,}7}{20788} = 0{,}29 \text{ м,}$$

$$Z_c = \frac{M_0 \cdot Z_0 + m_П \cdot Z_П + \sum m_i \cdot Z_i}{M_c} = \frac{6382 \cdot 9{,}62 + 2856 \cdot 3{,}15 + 97363{,}7}{20788} = 8{,}07 \text{ м.}$$

Третій варіант завантаження:

Загальна маса судна:

$$M_c = M_0 + m_П + \sum m_i = 6382 + 2856 + 13634 = 22872 \text{ т.}$$

Координати центра ваги судна:

$$X_c = \frac{M_0 \cdot X_0 + m_П \cdot X_П + \sum m_i \cdot X_i}{M_c} = \frac{6382 \cdot (-11{,}2) + 2856 \cdot (-7{,}9) + 72921{,}9}{22872} = -0{,}92 \text{ м,}$$

$$Z_c = \frac{M_0 \cdot Z_0 + m_П \cdot Z_П + \sum m_i \cdot Z_i}{M_c} = \frac{6382 \cdot 9{,}62 + 2856 \cdot 3{,}15 + 108009}{228782} = 7{,}8 \text{ м.}$$

Результати розрахунків вносимо в таблицю 4:

Таблиця 4.

	Варіанти завантаження		
	1	***2***	***3***
M_c ,(т)	23150	20788	22872
X_c ,(м)	0,48	0,29	-0,92
Z_c ,(м)	7,95	8,07	7,8

Аналіз отриманих результатів:

В першому варіанті маса судна з вантажем більш ніж водотоннажність судна, що не відповідає вимогам безпеки.

З останніх двох, згідно з умовами задачі, виберемо оптимальний варіант з найменшим значення модуля X_C - другий.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Козицький С. В. Теоретична механіка: Підручник для напряму підготовки 6.070104 «Морський та річковий транспорт» / С. В. Козицький. – Одеса: Астропринт, 2014. – 468 с.

2. Павловський М. А. Теоретична механіка: Підручник. – Київ: Техніка, 2002. – 512 с.: іл.

3. Сизов В. Г. Теория корабля: Учебник. – Издание 4-е, переработанное и дополенное. – О.: Фенікс; М.: ТрансЛит, 2008. – 464 с.

4. Козицький С. В. Теоретична механіка. Задачі і приклади їх розв’язування [Текст]. Навчальний посібник / С. В. Козицький, О. М. Латиш, О. І. Швець – Видання 2-е доповнене та перероблене. – Одеса: ОНМА, 2015. – 369 с.

УДК 528.23

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

Застосування САПР для рішення геодезичних і картографічних задач.

Одним з основних завдань судноводіння є проводка судна з пункту відходу в пункт призначення так, щоб плавання було безпечним для судна, команди і вантажу. Тому судноводійний склад судна виконує комплекс заходів з навігаційного опрацювання переходу. Цей комплекс складається з вибору маршруту руху з урахуванням загальної оцінки часу переходу, сезону, умов завантаження судна, його остійності, а також підбору карт і посібників для плавання за маршрутом.

Необхідні для забезпечення безпеки плавання відомості судноводій може отримати зі спеціальних навігаційних посібників. Найбільш поширеними навігаційними посібниками служать морські карти. Вони найбільш повно відображають елементи водного простору і прилеглої до нього суші і складаються в картографічних проекціях, які забезпечують зручність і простоту графічних розрахунків на судні. У цих умовах дотримання геометричного посібника і масштабної точності навігаційних карт має величезне значення. Для підтримки достовірності картографічної інформації на належному рівні, гідрографічними службами різних держав постійно проводиться комплекс геодезичного забезпечення. Найважливішим завданням такого забезпечення є геодезична прив'язка і картографування Світового океану, яке супроводжується зйомками. При цьому, точність зйомки дна і картографування його рельєфу для таких робіт, як прокладка кабелів і трубопроводів, буріння свердловин і гідротехнічне будівництво, повинна визначатися метрами і повинна враховувати можливі зміни гідрологічної обстановки.

Одним із шляхів якісного підвищення рівня картографічного забезпечення є створення електронних геоінформаційних систем (ГІС) - одного з видів систем автоматизованого проектування. Використання ГІС, спільно із засобами комп'ютерної графіки, дозволяє не тільки прискорити підготовку документації та зменшити вартість її обробки а також вирішувати за допомогою ЕОМ принципово нові завдання, пов'язані з пошуком оптимальних рішень.

Для виконання креслення графічного образу засобами комп'ютерної графіки необхідно мати програми, які охоплюють весь процес проектування: введення інформації, генерування зображення на екрані, збереження результатів роботи з отриманням твердих копій документа. Програми складаються на підставі математичних моделей геометричного образу.

На морських картах для зображення прибережних ділянок суші і ложа Світового океану широко використовуються топографічні поверхні. У середовищі графічного редактора AutoCAD можливе генерування як тривимірних каркасних моделей, так і поверхневих моделей. Поверхневі моделі мають велику перевагу перед тривимірними каркасними моделями: вони можуть закривати об'єкти позаду себе і відкидати тінь. Крім того методи поверхневого моделювання дозволяють створювати зображення об'єктів нерегулярної форми -

рельєфні карти. Однак інформацію щодо фізичних властивостей об'єкта отримати не можна, так само як і виконати щодо їх такі операції редагування як TRIM (Обріж) і EXTEND (Подовж). Ці характеристики дії можуть бути реалізовані тільки для тривимірних тіл (твердо тільних моделей).

Для створення твердо тільних моделей графічний редактор пропонує два шляхи:

- використання базових моделей панелі інструментів SOLIDS (Тіла);
- генерування тіл з замкнутих плоских об'єктів методом витискання.

Для створення твердотільних моделей морського дна і прилеглих ділянок земної поверхні найбільш підходить другий шлях. Це пов'язано з традиційним способом завдання каркасних поверхонь в топографії. Одним з найбільш поширених способів завдання елементів каркаса є метод проекцій з числовими відмітками. Проекціями з числовими відмітками називаються прямокутні проекції геометричних образів на горизонтальну площину, які супроводжуються числами (числовими відмітками), що вказують видалення характерних точок проектованого об'єкта від площини проекцій. Отже, в проекціях з числовими відмітками предмет зображується тільки в одній (горизонтальній) площині, а вертикальні проекції на кресленнях замінюються числовими відмітками. У підсумку на морській карті топографічна поверхня задається горизонталями, ізобатами, точками висот або глибин, профілями. Ізобати являють собою замкнуті сплайнові криві.

Сплайнові замкнуті криві є кривими третього порядку. У загальному випадку рівняння кривої третього порядку має наступний вигляд:

$A1X^3 + A2Y^3 + A3X^2Y + A4XY^2 + A5X^2 + A6Y^2 + A7XY + A8X + A9Y + A10 = 0.$

Для створення навігаційної карти на екрані монітора з подальшим отриманням твердої копії необхідно скористатися даними за результатами промірів глибин акваторії. Розміри акваторії 30 х 21 морську милю. Заміри глибин проводилися з кроком одна миля в напрямку N- S і W- O (за напрямками, паралельними осям абсцис і ординат відповідно).

Слід встановити задані за замовчуванням десяткові одиниці вимірювання з розрахунку 1 миля = 10 метричних одиниць. Необхідно також встановити точність відображення заданих одиниць виміру і кутів (не більше двох знаків після коми).

Для визначення області малювання використовується опція DRAWING LIMITS (Межі креслення) команди FORMAT, після активізації якої в командному рядку виникають запити:

ON / OFF / <Lower left corner><0.000, 0.000>

Upper right corner <>

Погодження з координатами лівого кута підтверджується кнопкою ENTER. Координати правого кута задаються цифрами «300, 210». При розгляді області малювання необхідно пам'ятати, що в зоні відображення координат на статусному рядку вказуються значення X,Y,Z щодо абсолютного початку 0,0,0.

Генерація зображення ізобат на екрані монітора проводиться в декілька етапів. На першому етапі необхідно активувати команду PLINE (Плінія), після чого робота з редактором продовжиться в діалоговому режимі, відображеним в наступній програмі:

User: PLINE Enter

Command: Startpoint Enter

User: 30, 80 Enter

(У відповідь на цей запит вводяться координати першої точки, що належить поточній ізобаті)

Command: Arc / Close / Halfwidth / Length / Undo / Width / <Endpoint of line>:

User:40, 60 Enter

(У відповідь на цей повторюваний запит вводяться координати точок, що належать поточній ізобаті)

Command: Endpoint of line:

(Після введення координат останньої точки по лінії проводиться її перетворення в замкнуту лінію).

User: Closed Enter

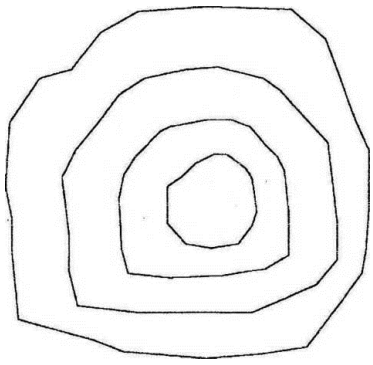


Рис.1 - Лінії рівних глибин

Після завершення всіх операцій на екрані має бути відтворено зображення, аналогічне зображення на рис. 1. На цьому етапі робіт має бути здійснене проміжне збереження результатів роботи з отриманням твердої копії.

На другому етапі, після того як будуть отримані зображення всіх ізобат, необхідно провести їх перетворення в твердо тільні моделі. З цією метою, за допомогою опцій команди VIEW (Вид), переходять до двох видових екранів за наступною програмою:

User: VPORTS Enter

Command: Save / Restore / Delete / Join / Single /? / 2 / <3> / 4:

User: 2 Enter

Command: Horizontal / <Vertical>:

User: Vertical Enter

Виконання даної програми призведе до появи на екрані монітора двох видових екранів, на одному з яких (зазвичай на правом) необхідно зробити перетворення світової системи координат в ізометричну за наступною програмою:

User: VPOINT Enter

Command:Rotate / <Viewpoint>:<0, 0, 1>

User: -1, -1, 1 Enter

Отримані на перетвореному видовому екрані зображення ізобат необхідно використовувати для створення твердо тільних моделей за допомогою опцій команди DRAW за наступною програмою:
User: EXTRUDE Enter
Command: Select object
User:вказується курсором Enter
Command:Path / <Height of Extrusion>:
User: «- 20» (величина глибини поточної ізобати) Enter
Command: Extrusion taper angle <0>:
User: 0 Enter

Після виконання операції EXTRUDE (Витискування) на правому видовому екрані має бути відтворене креслення, аналогічне рис.2.

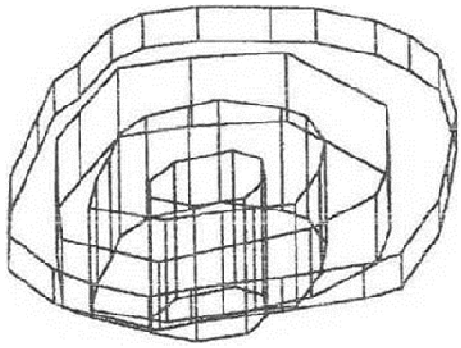


Рис.2 – Лінії рівних глибин

Виконання профілю морського дна по курсу судна проводиться за такими етапами:
1. На карті заданий напрямок меридіана N - S. Через точку А на лівому видовому екрані проводиться пряма лінія, паралельна напрямку меридіана. Від напряму меридіана відкладаємо кут К, вважаючи його вершину розташованою в точці А. Відлік кутів починається від лінії А за годинниковою стрілкою до лінії курсу. За цими вихідними даними будується проекція лінії курсу, представлена відрізком. Відрізок - це графічний примітив і тому йому може бути призначена висота. Дана операція проводиться за допомогою команди PROPERTIES (Властивості). Величина висота відрізка призначається рівною "-100".
2. Перетворені в твердотільні моделі ділянки поверхні, обмежені ізобатами, розсікаються по лінії курсу. Для цього використовуються опції команди SLICE (Розріз):
User: SLICE Enter
Command: Select object
User: вказуються курсором Enter
Command: SlicingplanebyObject / Zaxis / View / XY / YZ / XZ / <3 points>:
User: вказуються три точки, Enter
Command: Both sides / <Point on desired side of the plane>:
User: Both sides Enter

Після виконання вищенаведеної програми на правому (поточному видовому) екрані з'явитьсязображенняпроекціїпрофілюморськогоднаувигляділаманоїлінії. Для отримання його дійсної величини отримана полілінія перетворюється в сплайн за допомогою команди MODIFY (Зміна) за наступною програмою:

User: MODIFY Object Polyline Enter
Command: Pedit Select polyline
User:полілінія вказується курсором Enter
Command: Close / Join / Widh / Edit Vertex / Fit / Spline / Decurve / Ltype gen /
/ Undo / eXit <x>:
User: Spline Enter
Command: Close / Join / Widh / Edit Vertex / Fit / Spline / Decurve / Ltype gen /
/ Undo / eXit <x>:
User: Exit Enter

Завершальний етап роботи полягає в поєднанні отриманого сплайна з фронтальним площиною проекції - отриманні його дійсної величини. Для цього активується правий видовий екран і виконується наступна програма [1]:

User: VPOINT Enter
Command: Rotate / <Viewpoint>: <1.0, -1.0, 1.0>
User: 0, -1, 0 Enter

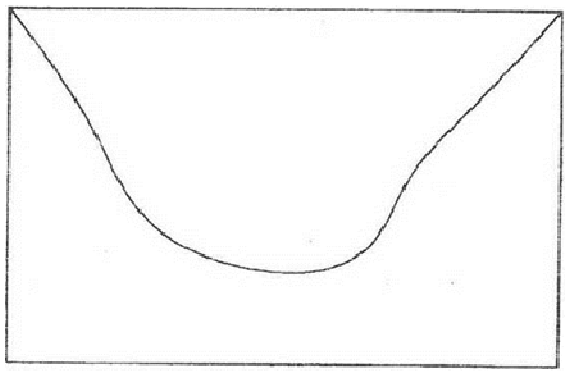


Рис. 3 – Лінія профілю морського дна

Нові технології забезпечують високу якість картографічного зображення, оперативність його створення та оновлення, довго тривалість зберігання, багаторазовість використання, сучасний дизайн. Подальше вдосконалення методики і технології з урахуванням розвитку програмно-технічних засобів дасть можливість раціонально організувати виробництво картографічної продукції з використанням комп'ютерних технологій [2].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.

1. Приложение методов компьютерной графики к решению задач картографии. И.А. Жидков, А.К. Сандлер, М.О. Опрышко. – Одеса: Орбита, - 1999. – 32 с.
2. Компьютерная картография. Л.В.Атоян, Минск БГУ, 2004. – 76 с.

УДК 378

Батынский А.И.
Національний університет «Одеська морська академія»

Рекомендации по повышению эффективности дистанционного обучения студентов заочников морских специальностей при использовании интерактивной базы данных системы дистанционного доступа

Развитие вычислительных сетей и телекоммуникационных технологий за последние годы позволило системам дистанционного обучения (СДО) выйти на качественно новый уровень. В настоящее время созданы курсы дистанционного обучения по большому числу дисциплин. Большинство таких курсов состоит из электронных учебников, содержащих гипертекст, таблицы и рисунки [1, 2].

На кафедре ТАУ и ВТ НУ «ОМА» в 2012-2018 гг. проводились исследования по функциональному составу интерактивной базы данных для системы дистанционного доступа (СДД), учитывающей особенности труда студентов заочников морских специальностей [3,4]. Кроме того рассматривалась методология работы с подобной БД. Функциональная схема СДД изображена на рис.

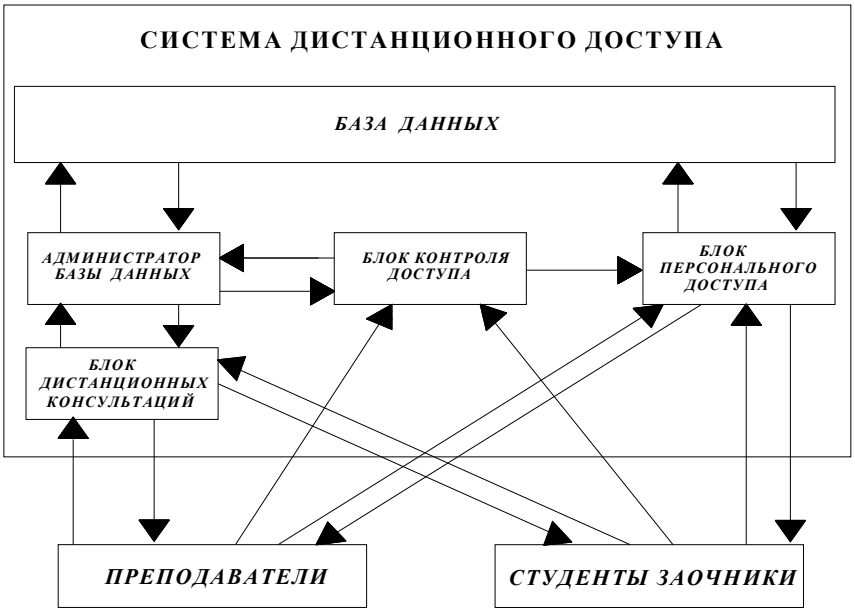


Рис. Функциональная схема СДД

Структура СДД представлена в виде функциональных блоков. Функциональные и информационные связи между блоками и пользователями

изображены стрелками, представляющими входящую и исходящую информацию, а также информационные процессы. Обращение пользователя к СДД происходит через блок контроля доступа, который присваивает ему соответствующий статус и передает эту информацию в блок персонального доступа. Диалог пользователя с системой проходит через блок персонального доступа.

Блок дистанционных консультаций обеспечивает связь заочника с преподавателем. При этом студент может задать вопрос по материалу из любого

предмета, адресованный в блок дистанционных консультаций в виде электронного письма. В этом блоке письмо классифицируется, определяется непосредственный преподаватель, которому вопрос и направляется для ответа. Подробный ответ отправляется заочнику в виде электронного письма.

В БД размещены учебные и методические материалы по отдельным предметам, варианты контрольных работ, курсовых проектов и инструкции по их выполнению, а также экзаменационные вопросы. Интерактивная база данных СДД позволяет заочнику обращаться к БД, загружать через интернет необходимые учебные материалы и получать консультации по всем предметам.

Для повышения эффективности использования СДД в морском образовании предусмотривается [5]:

- упрощена схема диалога системы с пользователем для сокращения времени, необходимого на сеанс связи;
- учебный материал дается в виде законченных тем, скачивание которых проводится по отдельности;
- обеспечена возможность работы системы в режиме связи заочника с СДД и преподавателем только через электронную почту;
- введена персональная адресация связи заочника с преподавателем;
- СДД может использоваться студентами стационара в период прохождения плавательной практики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория и практика дистанционного обучения / Под ред. Е.С.Полат. — М., "Академия", 2004.

2. Полат Е.С, Моисеева М.В., Петров А.Е. Педагогические технологии дистанционного обучения / Под ред. Е.С.Полат. — М., "Академия", 2006.

3. Батынский А.И., Хнюнин С.Г. Информационная модель технологического процесса использования системы дистанционного доступа в морском заочном образовании // Матеріали науково-технічної конференції на тему «Морський та річковий флот: експлуатація та ремонт», -Одеса: НУ «ОМА», 2016, - С.252 – 255.

4. Батынский А.И. Проверка адекватности модели интерактивного доступа к базе данных системы дистанционного обучения в морском заочном образовании // Матеріали науково-технічної конференції на тему «Морський та річковий флот: експлуатація та ремонт», -Одеса: НУ «ОМА», 2018, - С.315 – 317.2018

5. Батынский А.И., Хнюнин С.Г. Рекомендации по повышению эффективности дистанционного обучения студентов заочников морских специальностей // Наука і освіта, 2012. - №7. – С. 19 – 25.

УДК 811.111:004

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

Підбір матеріалів для різних видів презентацій в мультимедійному класі

Призначення, можливості й особливості презентацій. види та типи презентацій.

Однією з найкращих сучасних програм для створення презентацій є PowerPoint. За допомогою цієї програми навіть користувач, який не є фахівцем у галузі інформаційних технологій, може за короткий проміжок часу достатньо професійно створити яскраву електронну презентацію.

Презентація (від англ. Presentation — представлення, вистава) — це набір картинок-слайдів на певну тему, який зберігається у файлі спеціального формату. Кожен слайд може містити довільну текстову, графічну, відеоінформацію, анімацію, стереозвук (як синтезований, так і записаний з мікрофона).

Мета будь-якої презентації — переконати й зацікавити аудиторію (яку? у чому? як?). Сприйняття презентації аудиторією важливіше, ніж сприйняття розробника чи навіть фахівця з розглянутих у презентації питанн. Матеріал презентації має бути цікавим, інформативним, має привертати увагу і змістом, і формою подання. Правильна відповідь на питання щодо мети допоможе передбачити об'ємність того матеріалу, який буде подаватись на слайдах, його різноманітність і цікавість.

Порції інформації можна подавати:

- графічно;
- у текстовому вигляді;
- за допомогою анімації або відеокліпів;
- читанням тексту «від автора» і використанням звукових ефект
- із застосуванням усіх елементів у різноманітних поєднаннях.

Також важливим пунктом є визначення структури презентацій. Структура презентацій передбачає визначення кількості слайдів у презентацій та наповнення кожного слайду. Для досягнення бажаного і ефективного результату варто дотримуватись наступних пунктів:

- викладайте матеріал стисло, з максимальною інформативністю тексту;
- використовуйте короткі речення;
- фон слайду або будь які ефекти та анімації не мають відволікати від змісту;
- для виділення найважливішої інформації використовуйте рамки, границі, заливки, різні розміри та кольори шрифтів;
- використовуйте табличні форми запису інформації (діаграми, схеми) для ілюстрації важливих фактів, щоб подати матеріал технічно і наочно;
- графіка має органічно доповнювати текст;
- Тому рекомендується там, де це можливо, використовувати для тексту і графічних зображень звуковий супровід. Дослідження свідчать, що ефективність слухового сприйняття інформації становить 15 %, зорового

— 25 %, а їх одночасне залучення до процесу навчання підвищує ефективність сприйняття до 65 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Шлыкова О.В.* Культура мультимедиа : Уч. пособие для студентов / МГУКИ. – М. : ФАИР-ПРЕСС, 2004. – 416 с.
2. *Спека М. В.* Microsoft PowerPoint. Самоучитель. – СПб. : Диалектика, 2004. – 368 с.
3. *Наливайко Н. Я.* Інформатика. Навч. посібник. - К. : Центр учбової літератури, 2011. – 576 с.
4. *Стоцкий Ю.* Office 2010. Самоучитель / Ю. Стоцкий, А. Васильев, И. Телина. – СПб. : Питер, 2011. – 432 с.
5. *Леонтьев В. П.* Window 7. Office 2010. Энциклопедические справочники. – М. : ОЛМА Медиа групп, 2010. – 768 с.
6.HTTP://ITO.VSPU.NET/ENK/2013_2014/ENMK_NIT/ZMIST/NAVCH_MAT/LEK_4.HTM
7. http://www.kievoit.ippo.kubg.edu.ua/kievoit/2013/9/9.html

УДК 811.11:656.611

Nikoulina O.L
National University “Odessa Maritime Academy”

Class communicative activities while teaching English for maritime engineers

The most important aspect of communicative skills in mastering any foreign language is definitely listening comprehension, speaking and knowledge of specific maritime vocabulary. The latter, being professionally variable, can be associated with different professions aboard. Hence we can name Maritime English (ME) for navigators, ME for marine engineers, ME for electrical engineers, etc.

Here we shall concentrate on ME for marine engineers and electrical engineers. Before starting practicing speaking around various professional situations, the will-be seafarers should get the knowledge of specific professional vocabulary which would be the means of expressing their ideas, view-points, requests, etc., i.e. the means of their communicative activities.

There are different approaches in mastering maritime vocabulary. The knowledge of maritime professional vocabulary is on the one hand the basement and the bricks, on the other, on which and with the help of which the students can mount the knowledge and practical skills of mastering professional spoken maritime language. This process of learning a foreign professional language is complex and multi-staged.

1st stage/step is based on reading comprehension approach. Students read out the professional texts, appealing to various dictionaries to clarify the specific technical meaning of this or that terminological expression.

2nd stage/step – the students are given some key terminology for further giving definition to them, e.g. when dealing with topic "Internal combustion engines" the students are suggested to think of a definition to the expression "fuel consumption". It is supposed that the definition will sound like this: this is the amount of fuel needed to satisfy the ship's propulsion in a given period of time." Another example, the definition for "azipod" will be like this: "special mechanism, mounted on the underwater side of the hull, which can rotate 360° around its axis and combines steering and thrusting functions of ship's movement against the water". Another example may be the following definition: "a four-layered semiconductor rectifier in which the flow of current between two electrodes is triggered by a signal at a third electrode", which will obviously stand for a "thyristor".

While the students are listening to the definitions their minds perform the guessing and analytical function, and the outcome of their intellectual work is producing the sought terminological phrase in voicing. That is another example of communicative activity.

3rd stage/step – the students think of questions to the text read. The aim of this exercise is many-fold: it checks reading comprehension, trains practical grammar skills in putting questions and actualizes communication between the asking and the answering parties.

4th stage/step of communicative activities is role-playing of the professional situations in dialogues or polylogues, which are suggested by the topic studied during the course. For example, the students may be given the situation like: a) you are joining a vessel in a position of electric cadet and the electrical engineer on board familiarize you with the ship's electrical equipment. Thus, two people are involved in such a dialogue respectively or b) when role-playing such a situation as bunkering operation, several students should he involved: chief engineer, ratings, barge men, etc., so in this case a polylogue would be acted.

5th stage/step is the presentation, which is a special oral performance in a specialized multi-media classroom based on video file or slide show presented on the screen. The topics for the presentation may be chosen in reference to the themes that are being studied or in connection with experience being shared after the ship-board training. After the presentation all the students get involved into discussion in relation to the topic suggested.

The list of suggested communicative activities is definitely open for further entries. The communicative activities are extremely productive in forming practical skills in conducting oral professional performance in the realization of professional communicative situations on board ship.

УДК: 372.881.1

Bogomolov O.S.
National University "Odessa Maritime Academy"

The Marine Engineering Personnel's Required Profession Competences

I. The subject area content of the linguistic proficiency in English established for **engineer officers in charge of the watch** shall correspond to the content of the final examination in "English for Special Purposes" academic subject or, in other words, "Profession Oriented English for Marine Engineers" administered to the bachelor-students majoring in **"Marine Power Plant Operation and Maintenance".** These requirements could be worded as follows.

The engineer officer in charge of the watch shall **be able to:**

Pronounce correctly and **understand by ear** the International Maritime Organization (IMO) Standard Marine Communication Phrases (SMCP) recommended as a means of upgrading the efficiency of communication aboard ships, including:

- standard commands given from the Bridge to the machinery spaces personnel;
- phrases used when handing / taking over the watch-keeping duties and responsibility;
- phrases used at briefings on safe working practices, fire-prevention measures, firefighting, damage control, etc.
- To adequately **perceive by ear** information broadcasted in English by the public address system of a ship operated by a multinational crew, this information being related to the following:
- behavior aboard and safety rules applicable in standard situations;
- general alarm particulars: how to clothe oneself, what to take with oneself to the Muster Station, the paths and ways of personnel evacuation in the direction of the Muster Station, the rules for boarding the safety floating craft, and rules of behavior aboard, activities to be performed by those onboard, safety rules for emergency situations, precautionary and preventive measures, means of communication in the event of a fire onboard.

To understand correctly details of the regular briefing conducted by the engineer officer in charge of assigning engine department personnel to day and overtime work and in one's turn **to give instructions** to one's subordinate personnel about the technology and procedure of operating machinery and equipment, and about safety precautions.

To report orally or in writing on the accomplished machinery and equipment operation and maintenance.

To prepare for an English-speaking chief engineer officer **data** of the ship's needs for spares, replacements and other technical stores and supplies that pertain to one's responsibilities.

To perform the duties of watch engineer using one's knowledge of English in its oral and written forms:

- **to direct the activities** performed by an English-speaking watch personnel;

- **to adequately respond** to the Bridge orders concerning the watch-keeping, main engine speed, the ship's maneuvering and main engine reversing, drills actually being held and the impending emergencies, ship's trimming, etc.
- **to notify the Bridge of** the main engine and supporting systems running – about: temperatures, pressures, liquid levels, fuel and ballast water transfer, unusual occurrences, specific machinery condition and repairs, taking notes and making records in the log books, taking / handing over the watch, controlling of the power plant, readiness for action in the time of a fire, etc.
- **to make English entries in the Engine Log** using proper vocabulary, verb tenses, active or passive voice, standard phrases and abbreviations.

To associate in English with the persons taking part in bunkering operations concerning the mooring of a fuelling barge alongside the ship to be fueled, items of the fuel specifications, connection of the flexible hose, anti-spill materials, the rate of bunker fuel transfer at the different stages of this operation, supervising the hose, fenders, valves, overflow arrangements; means of communication and signals.

To understand check-lists, specifications of different fuels, bunker invoices.

To understand instructions for operation and maintenance of the shipboard machinery, equipment and systems, compiled in English.

To understand the inscriptions made in English on the arrangements and compartments of a ship built at a non-Ukrainian shipyard.

II. The subject area content of the engine cadet self-teaching concerning the further mastering of the professional English during the shipboard training periods.

During the shipboard training periods, the cadets' independent educational work concerning learning of the English language shall, primarily, be focused on **the expansion of the cadet's professional vocabulary** at the expense of learning the general shipboard terminology and vocabulary pertaining to operation and maintenance while reading the purposely compiled texts provided with a vocabulary transcribed in ordinary writing and into phonetics. By their subject area content the texts to be studied shall be divided into four groups that contain information on the following:

- the general arrangement of a ship, decks and their equipment, lay out and function of various compartments and spaces;
- organization of the working day, and keeping watch at sea and in port; operation, maintenance and repair to machinery, equipment and systems;
- duties of the engine department ratings: 1st and 2nd Class motormen, ship's welders, pump-men, fitters, electricians, refrigeration motormen;
- preparation and holding of the general shipboard boat and fire drills; shipboard safe working practices regulations; precautionary signs; utilization of colors for safety purposes.

Studying of the abovementioned materials shall be supported by the knowledge and skills in the profession-oriented English obtained at different types of studies attended during intramural activities at the University, by parallel reading of ship's technical papers written in English and by observation of lingua-professional activities demonstrated by the engineering personnel in industrial situations, and by an analysis of the practical application of the English language by the engine department personnel.

Ultimately, there will occur a further development of the cadet's skill to understand instructions on machinery operation and maintenance, and precautionary and instructional inscriptions and names placed on different parts and spaces of the ship, name-plates and label-tags provided on machines, equipment and systems.

Taking into account the particulars of a cadet's staying aboard a non-Ukrainian flag ship as a member of an English-speaking crew, the education institution provides each student with a learning aid that is not overloaded with written tasks, but at the same time the student is advised to actively observe, with the permission of his supervisor, the procedure and topics of the social conversation in industrial situations and, as far as possible, take part in such activities.

Ultimately a cadet **shall learn:**

- **to pronounce correctly** and **understand by ear** the IMO SMCP recommended for onboard communication, including standard commands, phrases used at briefings on safe working practices, fire-prevention measures, fire-fighting, damage control, etc.;
- **to adequately respond to** the watch engineer's orders;
- **to inform the watch engineer in few words of** the results of the machinery spaces inspection round;
- **to provide data about** temperatures, pressures, liquid levels, abnormal noise, leakage and other troubles;
- **to associate with** the personnel taking part in the bunkering operations;
- **to report** completed operation and maintenance of machinery;
- **to tell** an English-speaking superintendent one's regular service duties, as well as emergency stations and duties as per Muster List.

III. **The industrial subject-matter, knowledge and ability to** use professional terminology expected from the engineer officers of different categories and qualification.

The subject-matter common for the 1st, 2nd and 3rd Class marine electrical and refrigeration engineers.

- Terminology on the arrangement of a ship, names of its parts and spaces, whose knowledge is necessary for giving / execution of orders and directions in standard situations, for organization / fulfillment of quick and efficient actions in emergency situations and during general shipboard safety drills, **making, proper use of** such documents as: general arrangement drawings, plans of the cargo spaces, wiring diagrams, pipe-line and water-supply diagrams, ventilation systems diagrams, etc.
- Terminology concerning the shipboard daily routine: rest, reveille, turning to, change of watches, having meals, shipboard work and engineering operations, crew gathering and forming up, safety drills, turning the ship's running lights on / off and testing general lighting, etc. ; leisure-time.
- Terminology concerning the shipboard safety and security, types of shipboard emergency situations / drills, muster lists / station bills, contingency plans, personal and collective life-saving equipment, general alarm bells and signals, fire and boat stations and duties, instructing of the staff at their working places

in the general rules of safe working practices, use of guards, safety valves, switches, moving parts, etc.

- Terminology concerning the use of electric power, water, air, steam, fuel, lubricant and cold on shipboard.
- Terminology concerning the composition and layout of the main and auxiliary components of a marine power plant.
- Terminology concerning the engine department of a cargo or passenger ship: personnel, their particulars and duties.
- Terminology concerning the actions to be done by an engineer joining the ship as a new crewmember.
- Terminology concerning the procedures of keeping engineering watches : taking / handing over the watch, duties of the engineer officer in charge of the watch, keeping the Engine Log in the professional English language, types of orders given by the bridge , instructions given by the engineer officer in charge of the watch, information provided by the engineer officer in charge of the watch to the Bridge and Chief engineer officer.
- Additional subject-matter for the 2nd Class engineers:
- Preparing and conducting the assignment of the engine department personnel to day and overtime work. Jobs and services carried out in the course of maintaining and repairing machinery, systems and equipment. Quality control and book-keeping.
- *Additional* subjects **for 2-Class engineers.**
- Organization and conducting the assignment of the engine department personnel to day and overtime work. Jobs performed by the engine department personnel while maintaining and repairing machinery, systems and equipment. Quality control and book-keeping. Stock-taking of the consumable materials and spare parts.
- English titles for the main IMO Conventions and Codes.
- *Additional* subjects **for 1-Class engineers.**
- Preparation and carrying out of the bunkering operations. Bunkering checklists.

Preventing oil spill. Oil Record Book. Drawing bunkering documents up. Keeping record of the fuel consumption.

- Organization and accomplishment of the Engine Department accounting to the relevant Shipping Company departments.
- Presentation of a ship to the Port State Control and classification society officers for checking up the validity of the relevant documents. English titles of the documents being checked. Deficiencies that Warrant the Detention of the Ship Involved.

Spare parts and engineering supplies buying procedures.

Additional subjects for the **Electrical Engineers.**

- Use of electricity on shipboard. Ship's electric power station and emergency electric power supply. Electric power consumers on the Bridge, Decks, Central Control Room and Machinery Spaces.

- Electrical machines and equipment servicing jobs. Electric power distribution systems. Hand tools and machine tools. Keeping record of the jobs accomplished.
- Presenting electrical equipment to a surveyor.
- Procedure to be followed while ordering electrical stores, spares and replacements.
- *Additional* subjects for **Refrigeration Engineers.**
- General arrangement and operation principle of a classical marine refrigeration system.
- General arrangement and operation principle of marine air conditioning systems.
- The duties of the refrigeration engineer with regard to the systems, machinery and equipment in his charge.
- Special professional features of the refrigeration engineer employed on a gas carrier.

УДК 37.018.43=111

Shalyov A. S.,
National University ‘Odesa Maritime Academy’

Podcasting in teaching english as a foreign language

The importance of a sounding speech in the process of any language learning is quite essential, particularly while speaking about English language. The mankind has always wanted to record its voices and the first to succeed in doing it was a French printer and bookseller Éduard-Léon Scott de Martinville on 25 March, 1857. It was a 10 minutes recording of a voice singing ‘Au Clair de la Lune’ made with the help of a phonautograph. The only problem was that this device did not play the recordings back [4]. The first apparatus having both functions was a phonograph, invented by Thomas Edison in 1877. But time flies and many other inventors have come up with their numerous technical inventions which help people record their voices, play them back, and do many more different things with them. That is why this article will be about such technology as podcasting in applying it in language learning.

The word podcast is a portmanteau which combines words *iPod* and *broadcast*. In its turn Pod may stand for portable open database or portable on demand. A podcast is a digital audio or video file which learners can download in order to listen to or watch later [5]. They can also do it on line. Most podcasts are free of charge but only registered on particular sites learners get worksheets with different exercises, vocabulary tasks, conversation practices and transcripts for learning and teaching English as a foreign (EFL) or a second language (ESL) at all levels from starters to upper-intermediate and above. Everybody in the world can submit their own podcast for site administrators to choose from which gives the learner or the teacher a great deal of flexibility while getting ready for the lesson or preparing a listening task.

In case of a higher institution we will speak about using of audio podcasts in the process of study. Listening is one of the four skills which have to be practiced and developed in cadets and students (further – learners) of our university as well as in the rest of the institutions. Learners can use podcasts as a supplement to their textbook materials [1]. This kind of learning technology helps learners learn a language in a real, meaningful, and authentic situation. It is also known that a language is acquired by receiving comprehensible input, that is, by understanding messages from podcasts which is quite helpful for any learner.

Podcasts provide teachers with possibilities of facilitating language learning and also challenge the traditional teaching and modern learning methods. There is a thought that traditional classrooms do not give much importance to listening activities. Podcasts can be used as supporting materials along with the course materials to develop learners' proficiency in English. The use of mobile technology in ESL contexts has become popular in many higher institutions. It has been noticed that there are certain academic benefits of incorporating podcasts into the curriculum and using them as a kind of supplemental or review tool [2].

Here we can also speak about language learning as a process which is influenced by many factors and the most significant and facilitating factor is learners' positive attitude toward the study. It is sometimes difficult to motivate learners outside the classroom, but the use of podcasts can help in this situation. Podcasts have got the potentiality to create both intrinsic and extrinsic motivation among learners.

Learners and teachers' attitudes toward podcasts have varied depending on their previous experiences with various types of computer technologies. Learners who have used podcasts on the move or outside their homes had significantly much more positive attitudes towards podcasts and were found to be interested in podcast-based learning after the exposure to the podcast course. It has been recognized that the use of podcasts also reduces learners' anxiety and creates a sense of belonging to a learning community. Moreover, podcasts provide learners with a more authentic and personal experience to learn various skills of English language. They enjoyed listening to podcasts and showed willingness towards this new technology in developing their language skills. Learners might have a problem with the length and style of podcasts. That is why the length of each podcast should be about from two to five minutes, which is roughly the length of a typical song. Teachers can create podcasts in accordance with learners' preferences as podcasts do not need much equipment to record [3].

Conclusion

Using podcasts is quite beneficial and helpful. Numerous research studies on podcasts confirm the computer applications efficiency in EFL or ESL and teaching contexts, and claim that the incorporation of podcasting into learning curriculum can improve academic performance, enhance motivation, and promote studying. Podcast is also considered to be a powerful learning method in many aspects, for example, in such as culture and history of the areas where the target language is spoken.

Generally, it has been observed that learners were positive towards using podcast technology, and they were interested in using of podcast technology in their language learning processes. Some of the reasons for the positive perceptions are the

following: learners' opportunity to learn on their own, and to listen to specific materials that they have missed or have not understood.

LIST OF USED LITERATURE

1. Stanley, Graham Podcasting: Audio on the Internet Comes of Age. Volume 9, Number 4, The British Council – Barcelona, Spain. March, 2006.

2. Lee & Chan The impact of podcasting on students' learning outcomes. January, 2008.

3. Md. Masudul Hasan & Tan Bee Hoon Podcast Applications in Language Learning: A Review of Recent Studies. English Language Teaching; Vol. 6, No. 2; Published by Canadian Center of Science and Education. 2013 ISSN 1916-4742 E-ISSN 1916-4750

4. *[Електронний ресурс]:* https://en.wikipedia.org/wiki/%C3%89douard-L%C3%A9on_Scott_de_Martinville – Назва з екрана.

5. *[Електронний ресурс]:* https://en.wikipedia.org/wiki/Podcast – Назва з екрана.

UDK: 811.111'276

Molodtsova V.V.
National University "Odessa Maritime Academy"

Ways to improve students' speaking skills

English teaching and learning have the goal of focusing students so that they are able to use English for communication and as a tool for furthering their studies. In the process of teaching and learning, the four language skills (listening, speaking, reading, and writing) are simultaneously performed. Often, students' inability to speak English appropriately and correctly leads to lack of self-confidence and avoidance when communicating with native English speakers. In foreign language teaching and learning, ability to speak is the most essential skill since it is basic for communication.

Speaking is the most important and essential skill. Mastery of this skill illustrates that the speaker possesses precise knowledge of language. Speaking skill can be developed through communicative activities which include an information gap, a jigsaw puzzle, games, problem-solving, free discussion and Role-playing. These activities create interaction in the language classroom. Additionally, communicative activities can motivate the learners and establish good relationships between the teacher and the students as well as among the students thereby encouraging a supportive environment for language learning [1].

In particular, EFL learners often stammer when speaking English. This results from learners' lack of exposure to authentic English language environments. Furthermore, learners are not exposed to the cultures of the native English speakers. Three communicative activities: discussion, problem-solving and role-playing, have proved their effectiveness in developing English speaking skills. This learning method focuses on the learner-centeredness. Students work in small groups divided

by their language proficiency, i.e., high, medium, and low levels. Groups of four are proved to be the most effective [5]. Students support each other in the team, thus reducing their fear to make a mistake. This leads to self-monitoring, more confidence in speaking, and enjoyment that encourages them to participate more in learning.

Here are some things a teacher can do to improve students' speaking skills.

1. Use Think-Pair-Share as often as possible.

For example: "Take ___ seconds (or minutes) to jot down your thoughts about ____. [Wait the allotted time.] Now, take one minute to tell your partner what you thought. Then look at me when you're both ready to share with the class." Make it clear to students that you expect everyone to have something to say because they've all just written and talked about their ideas.

When asking students to share, a teacher can increase the rigor (and strengthen listening skills) by asking them to report on what their *partners* said. When invited to "share with a partner," many students are simply waiting for the other person to stop talking so that they can say what they think. Their definition of listening involves "staring in silence." Having to report on their partners' ideas forces students to listen more carefully. It also gives them valuable practice in paraphrasing and summarizing.

2. Encourage students to *restate or paraphrase* – not repeat – what their peers say.

If a teacher asks students to "repeat" what others say, he misses an opportunity for them to practice paraphrasing. Repeating requires no thought. Also, repetition is boring – we heard it the first time. Make sure students know how to paraphrase and *why* it's important.

3. Move from paraphrasing to inference as much as you can, and ask students for *evidence* to back up their ideas or arguments.

For example: "What can you infer from what James just said? What evidence gave you that idea?" Teach students how to paraphrase and infer early in the year so that they can log many hours of practicing these skills.

Also, clarify the difference between argument and evidence. No matter what grade or subject is taught, even if the terms are not new to them, the review will establish a common language in the room. Posters can serve as handy reminders. The more students are invited to explain their ideas, the stronger their inference and comprehension skills will become.

4. Ask *why* as often as possible, to give students more opportunities to explain their ideas.

This will boost their inference skills. Even when they give the "correct" answer, ask them why because (1) they might have guessed and (2) their explanation will teach others in the room who might not have understood the material.

5. Require students to respond with *complete* sentences.

This practice will enhance their fluency and comprehension. Explain that it is for their benefit to make it the *norm* in the class. Initially a teacher might have to correct students a few times and model it or provide sentence starters, but students will quickly get the hang of it. When a teacher sets high standards for discourse in his class, students often meet or exceed them.

6. Don't repeat what students say.

If a teacher allows students to train him to repeat what they say, then they won't develop proper speaking or listening skills. When a teacher repeats what students say, it sends the message that they should not to listen to one another. It also teaches them to mumble because they know their teacher will amplify everything.

7. Use think-alouds to model how you think, including the questions you ask and the way you figure things out.

Then a teacher can invite students to pair up and practice their own think-alouds. Making thinking *visible* in this way makes it more accessible for everyone, especially those students who might otherwise believe that "some people just 'get it,' and some people don't." They will see that in fact reading and thinking *require work.* Good readers *wrestle* with the text.

8. Invite students to *ask* questions as often as possible.

But this does *not* mean asking, "Does anyone have any questions?" for which the answer is almost invariably, "No." Instead, ask, "What questions could we ask in this situation?" or "What questions can we ask about ____?" Then write their questions down on the board to show how much you value them. As a default, students need to know the utility of applying Five Ws and the H (who, what, when, where, why, and how) to pick apart texts.

9. When reading aloud, require students to listen with a purpose or question in mind.

Reading aloud mindlessly is boring. It's an invitation to daydreaming at best and disruptive behavior at worst. But students can't be blamed; if a teacher fails to engage them, they will find *something* to do. Spare yourself the agony by hooking them with a great question. For instance, invite them to make predictions based on evidence from the text so far. Then: "OK, let's see who's right!" and read the next bit.

10. When lecturing or presenting new material, provide guided notes to keep students engaged.

In addition to keeping students actively involved, guided notes provide models of good note taking, another important skill. They also ensure that everyone walks away with the same basic information and a review sheet for later reference.

11. Whenever a difficult-to-pronounce word appears, engage the *entire* class in choral pronunciation of the word.

It's highly probable that if one student mispronounces a word, others in the room would make the same mistake. In fact, if a teacher corrects this one person and moves on, chances are good that the word will pop up again and someone else will stumble over it. So, it's better to spare this first reader the embarrassment and instead send a positive message to the whole class, which is this: "This is an important word, and we *all* need to know how to pronounce it. So let's go."

REFERENCES

1. Thanyalak Oradee. Developing Speaking Skills Using Three Communicative Activities (Discussion, Problem-solving, and Role-Playing). - International Journal of Social Science and Humanity, Vol. 2, No. 6, November.

2. T. Hedge. Teaching and Learning in the Language Classroom, Oxford: Oxford University Press, 2008.
3. K. Johnson and K. Morrow. Communication in the Classroom, Harlow: Longman Group, 1981.
4. J. Harmer, The practice of English language teaching, New York: Longman, 2007.
5. D. W. Johnson and R. T. Johnson. Cooperative Learning and Motivation, Interpersonal Dynamics in Second Language Education, The Visible and Invisible Classroom. Thousand Oaks, CL: SAGE Publications, 1995.
6. Lemov, D. Teach like a champion: 49 techniques that put students on the path to college. San Francisco, CA: Jossey-Bass. – 2010.

УДК 811.161.2’371

Кравець Г. Б.
Національний університет “Одеська морська академія”

Просторове моделювання в системі викладання іноземної мови

Кравец Г. Б.
Национальный университет “Одесская морская академия”

Пространственное моделирование в системе преподавания иностранного языка

Kravets G.
National University «Odessa Maritime Academy»

Space modeling in the system of a foreign language teaching

Стаття присвячена проблемам навчання іноземним мовам в опорі на концептуальні складові культури, зокрема просторове моделювання вивчається. Метою дослідження в статті є виявлення основних особливостей подання вербальних та культурних характеристик концепту «простір» в курсі викладання англійської мови на старших курсах мовних вузів. Навчання іншомовній культурі має здійснюватися на концептуальній основі, що підводить до необхідності виділення в його змісті лінгвокультурного підходу, тобто структурно-організаційного комплексу досліджень різноманітних концептів культури і їх мовного вираження, цільову програму дій і методичне керівництво.

У роботі звертається увага на ту обставину, що сприйняття, членування і концептуалізація світу відображаються в існуванні універсальних понятійних категорій, властивим різним мовам. Саме ці категорії відображають те, що ми сприймаємо. В рамках лингвокультурної теми необхідна така організація матеріалу, яка б гарантувала структурування та систематизацію знань іншомовної культури і самої мови. Структурування змісту навчання передбачає розбивку навчального матеріалу на блоки. Блок за визначенням – великий розділ

лингвокультурної методики і формується він на основі одного основного концепту. В даному випадку такими організуючими блоками є лінгвокультурні концепти як структурні елементи іншомовної (англійської) культури: ПРОСТІР, ЧАС, ПОВЕДІНКА, МЕНТАЛІТЕТ і т.д.

Ключові слова: концептуальний простір, моделювання, культурно-просторова конситуація, концепт, картина світу, лінгвокультурне навчання, когнітивний підхід.

Статья посвящена проблемам обучения иностранным языкам в опоре на концептуальные составляющие культуры, в частности пространственное моделирования изучаемого языка. Целью исследования в статье является выявление основных особенностей представления вербальных и культурных характеристик концепта «пространство» в курсе преподавания английского языка на старших курсах языковых вузов. Обучение иноязычной культуре должно осуществляться на концептуальной основе, что подводит к необходимости выделения в его содержании лингвокультурного подхода, т. е. структурно-организационного комплекса исследований разнообразных концептов культуры и их языкового выражения, целевую программу действий и методическое руководство.

В работе обращается внимание на то обстоятельство, что восприятие, членение и концептуализация мира отражаются в существовании универсальных понятийных категорий, свойственным разным языкам. Именно эти категории отражают то, что мы воспринимаем. В рамках лингвокультурной темы необходима такая организация материала, которая бы гарантировала структурирование и систематизацию знаний иноязычной культуры и самого языка. Структурирование содержания обучения предусматривает разбивку учебного материала на блоки. Блок по определению – крупный раздел лингвокультурной методики и формируется он на основе одного основного концепта. В данном случае такими организующими блоками являются лингвокультурные концепты как структурные элементы иноязычной (английской) культуры: ПРОСТРАНСТВО, ВРЕМЯ, ПОВЕДЕНИЕ, МЕНТАЛИТЕТ и т.д.

Ключевые слова: концептуальное пространство, моделирование, культурно-пространственная конситуация, концепт, картина мира, лингвокультурное обучение, когнитивный подход.

The article deals with the problems of foreign language teaching on the basis of the conceptual components of culture, in particular the space modeling of the target language. The aim of the research in the article is to identify the main features of the presentation of verbal and cultural characteristics of the concept "space" in the course of teaching of English language for students of senior higher school. Learning a foreign language culture should be carried out on the conceptual basis, which leads to the need to highlight linguocultural approach in its content that i. e. the structural and organizational complex studies of various culture concepts and their linguistic representation, a targeted program of action and methodological guidance.

Блок по определению – крупный раздел лингвокультурной методики и формируется он на основе одного основного концепта. В данном случае такими организующими блоками являются лингвокультурные концепты как структурные элементы иноязычной (английской) культуры: ПРОСТРАНСТВО, ВРЕМЯ, ПОВЕДЕНИЕ, МЕНТАЛИТЕТ и т.д.

The paper draws attention to the fact that the perception, segmentation and conceptualization of the world are reflected in the existence of universal conceptual categories which inherent in different languages. These categories just reflect what we perceive. As part of the linguistic-cultural topic there is need for such an organization of the material, which would guarantee structuring and systematization of foreign culture and its language itself. Structuring learning content provides a breakdown of educational material on some blocks. Any block within this structure is a large section of linguistic-cultural techniques and it is formed on the basis of the basic concept. In this case, such units are linguistic-cultural concepts as structural elements of foreign language (English) culture: SPACE, TIME, BEHAVIOR, MENTALITY, etc.

Keywords: conceptual space, modeling, cultural and space consituation, concept, a picture of the world, linguistic-cultural training, cognitive approach.

Лингвистическое освещение смыслового и концептуального пространства является многоаспектной проблемой, связанной с вопросами концептуального моделирования коммуникации с учетом фона формирующих ее социокультурных и этнических составляющих, а следовательно принципов разграничения её культурно-методическом аспекте и обучении иностранному языку.

Построение обучения в опоре на концептуальные составляющие культуры, в частности пространственное моделирования изучаемого языка, позволяет расширить образовательные программы и пути их усвоения, т. к. одной из основных задач современной методики преподавания иностранных языков является многоаспектное развитие культурно-языковых навыков, способствующих ориентации говорящего в культурно-пространственной конситуации.

В настоящее время концептуальный подход в методике рассматривается как высший уровень культурно-образовательных системы преподавания иностранных языков [2; 3].

Целью нашего исследования является выявление основных особенностей представления вербальных и культурных характеристик концепта «пространство» в курсе преподавания английского языка на старших курсах языковых вузов.

В основе технологии концептуального обучения лежит идея смешанного лингво-культурологического подхода [4, с. 17], совмещенная с идеей синтезированной подачи учебного материала и объединяющая разноапектные занятия (изучение лексики, работа над текстами соответствующей научно-популярной и культурной тематики). Подача материала подразделяется на несколько занятий, которые рассматриваются как концептуально связанные мини-комплексы.

Центральным понятием теории концептуального обучения является концепт. Существуют разные точки зрения на концепт и специфику его вербализации, что должно находить отражение в специфике структурирования обучения и

разработке форм и методов обучения. Т. е. «упаковать» знания же можно поразному, в зависимости от поставленной дидактической цели (пакет, блок информации, рамка, узел, алгоритм, программа и т.п.). Поэтому обращение к определённым концептам как сфере и комплексу знаний должно включать в себя целевую программу действий и методических принципов. Содержание обучения тем самым представляется в законченных самостоятельных комплексов – описания концептов, одновременно являющихся банком информации и методическим руководством по ее усвоению. В общем смысле концепт – это учебный элемент в форме пакета (комплекта), состоящего из следующих компонентов: точно сформулированная учебная цель; собственно учебный материал в виде текстов; словарей; методические указания к практическим и проектным заданиям для отработки умений, относящихся к данному учебному элементу; контрольные (тестовые) работы разных типов для обучающих целей; учебное пособие.

В рамках лингвокультурной темы необходима такая организация материала, которая бы гарантировала структурирование и систематизацию знаний иноязычной культуры и самого языка. Структурирование содержания обучения предусматривает разбивку учебного материала на блоки. Блок по определению – крупный раздел лингвокультурной методики и формируется он на основе одного основного концепта. В данном случае такими организующими блоками являются лингвокультурные концепты как структурные элементы иноязычной (английской) культуры: ПРОСТРАНСТВО, ВРЕМЯ, ПОВЕДЕНИЕ, МЕНТАЛИТЕТ и т.д.

Нет ничего удивительного в том, что некоторые сформированные в культурном сообществе концепты становятся врожденными, и что, следовательно, какие-то из них (КТО-ТО, ЧТО-ТО, МЕСТО, ИЗМЕНЕНИЕ и пр.) предшествуют языку и (или) первыми получают свои частные обозначения. В основании всякой картины мира, а затем различных конситуаций лежат базовые концепты, такие как «предмет», «место», «изменение» [1, с. 35]. Об универсальности этих концептов говорит тот факт, что соответствующие понятия имеют ту или иную знаковую репрезентацию практически во всех языках, т. е. существуют некие базовые когнитивные структуры, представляющие собой отправную точку категоризации действительности в естественном языке. Таким образом, можно с достаточным основанием полагать, что «предмет» и «место» являются теми исходными концептами, из которых затем развиваются все остальные, образуя концептуальную систему языка.

Целью каждого занятия в концептуально-тематическом комплексе преподавания должно быть осознание учащимися того факта, что каждый универсальный ментальный концепт, к примеру «пространство», содержит не только лексико-семантических смысл, своеобразно вербализируемый в английском языке, но и обладает культурно значимой маркированностью, представление о которой должно формироваться одновременно с изучением языка и лексических единиц, вербализирующих концепт.

Каждый из указанных четырех концептов включает в себя материал, объединенный вокруг понятия, проблемы, ситуации, которые можно обозначить как элементы концептуальной темы. На примере концепта «Пространство»

(«Space») их представление может опираться на лексико-семантические варианты описания лексемы в словарных статьях. Ключевым словом семантического поля пространства в английском языке является слово «space», дефиниции которого должны оговариваться отдельно: «Space - expanse, extent, surface, area; continuum, stretch» [6]; «Space – continuous expanse in which things exist and move; amount of this taken by thing or available; interval between points or objects» [5].

Но в языке наличествует целый ряд единиц различной частеречной принадлежности, которые в той или иной степени дают наименование различным точкам, структурам пространства, т. е. номинируют его основные характеристики и параметры. Параметры высоты, ширины, длины очень часто в языке номинируются адъективными единицами (высокий, длинный, узкий, широкий), каждая из которых в различных комбинациях как неустойчивого, так и устойчивого характера может быть проработана на занятиях.

Следует отметить, что репрезентация пространства языковыми средствами основывается на трехмерном измерении. В языке к числу подобных примеров можно отнести лексическую многозначность и некоторые ее грамматические проявления. Так, в английском языке имеются предлоги, выражающие одновременно пространственные и временные отношения, типа in, at, before, after, by, next и т.д., на которых, в первую очередь должно акцентироваться внимание учащихся. Затем следует подчеркнуть тот факт, что различные части речи могут участвовать в описании пространства, что может быть продемонстрировано графически и в виде таблиц, и описанию каждой категории и части речи может быть посвящено отдельное занятие с соответствующим комплексом упражнений.

Выразителями местонахождения могут быть глаголы, имена существительные, имена прилагательные, наречия, а также фразеологические единицы и паремии. Весьма продуктивной частью занятий могут стать изучение глаголов с семантикой пространственной ориентации предмета – стоять, лежать и сидеть (stand, sit, lie). Интересно отметить, что характеризация положения предметов приблизительно сопоставимых по размеру при помощи рассмотренных выше глаголов для описания местонахождения объекта будет, в большей степени, определяться формой самого объекта. Чаще всего предмет «лежит», если наибольшее из его измерений совпадает с горизонталью, и, наоборот, если что-то «стоит» на столе, то, максимальное его измерение совпадает с «вертикалью». Именно такие параметры регистрирует культурная и языковая традиции. В данном случае должна учитываться лексика, которая также по-разному сочетается с указанными глаголами при описании местоположения объекта в пространстве с учетом его координат. Так, позиционное расположение объектов, характеризуемое в русском языке глаголом «стоять» («Печатная машина стоит на столе») очень часто оказывается тождественной английской фразе «The typewriter sits on the table», «A fly stands on the ceiling».

Таким образом, в рассмотрение средств манифестации концепта «пространство» необходимо включить анализ локативных семантических предикатов (sit, stand, lie), уточняющих позицию локализуемого субъекта/объекта в отношении одного из трех пространственных измерений. Указанные глаголы описывают

характеристику местоположения описываемого объекта (вертикальное, горизонтальное или «сложенное» положение): они описывают, прежде всего, три разных положения в пространстве: вертикальное – stand, горизонтальное – lie и в некотором смысле промежуточное положение, которое условно можно назвать «сложенным» – sit. С одной стороны, выделяются вытянутые вверх, вертикально ориентированные объекты - к ним применим предикат «stand» (glass, bookcase, chair, door,etc.) и, с другой стороны, плоские, горизонтально ориентированные объекты – их описывает предикат «He» (rug, photo,cigarette,etc.). Кроме того, эти предикаты отличаются ярко выраженной лингвокультурной спецификой.

Интересно отметить, что указанные глаголы даже в том случае, когда на них падает логическое ударение, могут реализовывать идеи существования, а не свое собственное лексическое значение, т.е. могут не вступать в обычные для этого типа глаголов противопоставления. Признак «вертикальность положения» в делексикализованном глаголе «stand» проявляет себя только в том, что он обусловливает выбор имен, обозначающих предметы, бытие которых может утверждаться этим глаголом: And onward to a point at which the drive took a turn, the house proper stood in full view. The Feather Inn stands by itself at the top of the hill. Хотя и этот «избирательный» признак у делексикализованных глаголов проявляет себя далеко не всегда: The fly stands on the ceiling – трудно сказать, почему муха именно стоит на потолке, а не лежит или сидит. Делексикализация данного глагола в этом случае достигает своего предела, и выбор глагола диктуется уже чисто языковыми законами лексической сочетаемости, что должно быть оговариваться студентам.

Следует обращать внимание на то обстоятельство, что восприятие, членение и концептуализация мира отражаются в существовании универсальных понятийных категорий, свойственным разным языкам. Именно эти категории отражают то, что мы воспринимаем. Эта универсальность делает возможным овладение иностранными языками. В то же время в каждом языке имеется система специфических понятий, свойственных одному языку и несвойственных другим.

При анализе пространственных признаков человек часто прибегает к субъективным оценкам. Так, в определении такого признака, как протяженность, ходьба, с помощью которой измеряется протяженность, является своего рода естественной мерой протяженности, счетчиком пространства и времени. В качестве меры пространства человек также использовал расстояние, на котором можно видеть/слышать человека, животное, предмет, явление, соотнося и оценивая удаленность предметов друг от друга и от наблюдателя в опоре на субъективные ощущения. При объяснении данного факта уместным будет приведение примеров аналогов устойчивых конструкций в родном и изучаемом языке: в русском «покуда глаз хватит» и английское «as far as the eve could see». В качестве меры длины человек используются также некоторые части тела, поэтому, когда предмет определяют в длину «три фута и два дюйма» (three feet two inches), имеется в виду суммированная длина ступни и двух больших пальцев. В любом языке сохранилось множество слов и выражений, в которых зафикси-

ровались такие способы измерения как «во весь рост – full-size», «по колено – knee deep, knee high», «по щиколотку – ankle deep» «по горло – up to the neck», «мальчик-с-пальчик, мужичок-с-ноготок» и многие другие.

Теоретическим основанием выделения лингвокультурного обучения является когнитивный подход к языку и культуре, которые рассматриваются в их ментальном измерении, что делает возможным структурирование образа иноязычной культуры. Изучение конецептов представляет собой диалектическое единство лингвистического и экстралингвистического содержания. Различные способы представления концепта являются его знаковым выражением и единицами культурных фоновых знаний в учебном процессе.

Обучение иноязычной культуре должно осуществляться на концептуальной основе, что подводит к необходимости выделения в содержании обучения лингвокультурного подхода как структурно-организационного комплекса обучения, интегрирующего культурный и языковой аспекты через концепты культуры и их языковое выражение, целевую программу действий и методическое руководство.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.

1. Кравченко А. В. Когнитивные структуры пространства и времени в естественном языке // Изв. РАН. Сер. лит-ры и языка / А. В. Кравченко. – Т.55. – №3. – 1996. – С. 34 – 52.
2. Соколова Е. Н. Разработка авторских программ и курсов // Иностр. языки в школе / Е. Н. Соколова. – 2004. – № 5. – С. 13 – 19.
3. Сысоев П. В. Язык и культура: в поисках нового направления в преподавании культуры страны изучаемого языка // Иностр. языки в школе / П. В. Сысоев. – 2003. – № 1. – С. 13 – 18.
4. Хлыбова Г. Д. Принцип активности в обучении иностранным языкам // Иностр. языки в школе / Г. Д. Хлыбова. – 1994. – № 5. – С. 16 – 19.
5. Oxford Advanced Learner's Dictionary of Current English. – Oxford: OUP, 2001. – 1234 p.
6. Roget P. M. International Thesaurus / P. M. Roget. – New York: TroWell, 1987. – 1316 p.

УДК 811.111: 378.091.321

Козак С. В.
National University “Odessa Maritime Academy”

Как правильно организовать урок английского языка в современных условиях.

Существуют государственные образовательные стандарты которые возложили на преподавателей новые требования для достижения целей образовательного процесса, отвечающих нуждам современного общества. Главной задачей образования становится предоставление обучающимся возможности са-

мостоятельно ставить и реализовывать учебные цели, оценивать свои достижения. В контексте новых образовательных стандартов методика преподавания иностранного языка также претерпела соответствующие изменения с учетом требований воспитания и развития компетентной, творческой, всестороннее развитой личности.

Такие стандарты определяют следующие цели обучения английскому языку:

1. Развитие иноязычной коммуникативной компетенции в совокупности ее составляющих: речевая, языковая, социокультурная/межкультурная, компенсаторная, учебно-познавательная компетенции.

2. Развитие личности учащихся.

3. Формирование и развитие универсальных учебных действий.

В качестве предполагаемых результатов обучения выделяют:

1. Предметные результаты.

2. Личностные результаты, такие как:

- формирование мотивации изучения языка; формирование коммуникативной компетенции и общекультурной и этнической идентичности;

- осознание возможностей самореализации средствами иностранного языка и стремление к совершенствованию собственной речевой культуры в целом;

- стремление к лучшему сознанию культуры своего народа и готовность содействовать ознакомлению с ней представителей других стран;

- толерантное отношение к проявлениям иной культуры и готовность отстаивать национальные и общечеловеческие ценности, свою гражданскую позицию.

3. Метапредметные результаты включают в себя:

- развитие коммуникативной компетенции и исследовательских учебных действий;

- умение четко определять области знаемого и незнаемого;

- умение определять задачи, решение которых необходимо для достижения поставленных целей, планировать действия, прогнозировать результаты, анализировать итоги деятельности, делать выводы, вносить коррективы, определять новые цели и задачи на основе результатов работы;

- осуществление самонаблюдения, самоконтроля, самооценки в процессе коммуникативной деятельности на английском языке.

Реализовать эти требования предстоит в рамках аудиторной и неаудиторной деятельности. Поэтому появилась необходимость рассмотреть урок с позиции требований стандарта нового поколения. Тогда станет понятно, что нужно изменить в деятельности учителя и ученика при подготовке современного урока.

Любой урок – имеет огромный потенциал для решения новых задач. Но решаются эти задачи зачастую теми средствами, которые не могут привести к ожидаемому положительному результату.

Как для учеников, так и для учителя, урок интересен тогда, когда он современен в самом широком понимании этого слова. Современный, – это и совершенно новый, и не теряющий связи с прошлым, одним словом – актуаль-

ный. Что означает - важный, существенный для настоящего времени. А еще – действенный, современный, имеющий непосредственное отношение к интересам сегодня живущего человека, насущный, проявляющийся в действительности. Помимо этого, если урок – современный, то он обязательно закладывает основу для будущего.

Важнейшей задачей современной системы образования является формирование совокупности универсальных учебных действий, обеспечивающих компетенцию “научить учиться”, а не только освоение обучающимися конкретных предметных знаний и навыков в рамках отдельных дисциплин.

В широком значении “универсальные учебные действия” – саморазвитие и самосовершенствование путем сознательного и активного присвоения нового социального опыта. В более узком понимании – это совокупность действий обучающегося, обеспечивающих его культурную идентичность, социальную компетентность, толерантность, способность к самостоятельному усвоению новых знаний и умений, включая организацию этого процесса.

Формирование универсальных учебных действий является основой способности учащихся к дальнейшему саморазвитию и самообразованию. Для формирования универсальных учебных действий в контексте обучения английскому языку следует учитывать, что ученику следует для себя найти ответы на следующие вопросы: “Зачем я учу иностранный язык?”, “Зачем я выполняю то или иное упражнение на уроке (читаю, пишу, слушаю)?”, “Зачем я повторяю дома пройденное на уроке?”, “Чему я научился на уроке и что еще мне следует сделать?”. Язык должен осваиваться осознанно. Важно создавать условия, когда студенты учатся слушать друг друга, умеют адекватно оценивать свой ответ, хотят узнавать новое.

Таким образом, основная педагогическая задача учителя английского языка - организовать благоприятные условия для успешных учебных действий на уроке. Но для этого учитель должен чётко знать: чему учить и как учить.

Требования к уроку в современных условиях.

Если сравнивать цели и задачи с прежними стандартами, их формулировка изменилась мало. Произошло лишь смещение акцентов на результаты освоения основной образовательной программы общего образования, которые представлены в виде личностных, метапредметных и предметных результатов.

В связи с этим, можно определить следующие требования к современному уроку:

- четкое формулирование цели;

- определение оптимального содержания урока в соответствии с требованием учебной программы и целями урока, с учетом уровня подготовки и подготовленности студентов;

- прогнозирование уровня усвоения учащимися научных знаний, сформированности умений и навыков, как на уроке, так и на отдельных его этапах;

- выбор наиболее рациональных методов, приемов и средств обучения, стимулирования и контроля и их оптимального воздействия на каждом этапе урока;

- выбор оптимального сочетания различных форм работы на уроке и максимальную самостоятельность учащихся в процессе учения, обеспечивающий познавательную активность,

- урок должен быть проблемным и развивающим: учитель сам нацеливается на сотрудничество с учениками и умеет направлять учеников на сотрудничество с учителем и одногрупниками;

- учитель организует проблемные и поисковые ситуации, активизирует деятельность учащихся;

- создание условий успешного учения учащихся.

Следует выделить пять типов уроков:

- уроки изучения нового учебного материала;
- уроки совершенствования знаний, умений и навыков;
- уроки обобщения и систематизации;
- комбинированные уроки;
- уроки контроля и коррекции знаний, умений и навыков.

Типы уроков остаются прежними, но в них внесены изменения.

Моделируя урок, современному учителю следует придерживаться следующих правил:

- Конкретно определить тему, цели, тип урока и его место в развороте учебной программы.
- Рождение любого урока нужно начинать с осознания и правильного, четкого определения его конечной цели - чего учитель хочет добиться; затем установления средства - что поможет учителю в достижении цели, а уж затем определения способа - как учитель будет действовать, чтобы цель была достигнута.
- Отобрать учебный материал (определить его содержание, объем, установить связь с ранее изученным, дополнительный материал для дифференцированной работы и домашнее задание).

При планировании практической деятельности учащихся на уроке следует учитывать дифференциацию учащихся по уровню подготовки и по темпу работы. Необходимо подобрать такие задания, чтобы для любого ученика была создана ситуация успеха. Также необходимо продумать формы организации работы учащихся на уроке. Если в традиционном уроке чаще использовалась фронтальная работа, то на уроке современного типа преобладает индивидуальная, парная и групповая работа. Работа в парах и группах необходима для того, чтобы обучить учащихся учебному сотрудничеству, взаимодействию, умению распределять роли, то есть у учащихся формируются коммуникативные умения. Групповую работу хорошо использовать при создании разного рода проектов.

- Выбрать наиболее эффективные методы и приемы обучения в данном классе, разнообразные виды деятельности учащихся и учителя на всех этапах урока.

Современный урок сегодня также невозможно построить без использования технических средств с применением как традиционных, так и инновационных педагогических технологий. При использовании современных техноло-

гий у студентов формируется умение самостоятельно добывать новые знания, собирать необходимую информацию, делать выводы, умозаключения, т.е. развиваются умения и навыки самостоятельности и саморазвития.

- Определить формы контроля за учебной деятельностью студентов.

Необходимо обязательное самостоятельное оценивание учащимися своей проделанной работы. При обучении самоконтролю и самооценке у учащихся формируются регулятивные и коммуникативныенавыки. Наряду с пятибалльной системой оценивания можно использовать и другие методики. При обучении оцениванию устных ответов одногрупниковможно предложить ребятам высказать своё мнение по поводу услышанного (сначала на русском языке с постепенным переходом на английский). В результате организации такой деятельностиучащиеся приучаются внимательно слушать своих одногрупников, объективно оценивать их ответ. Также целесообразно ввести такую форму работы, как взаимооценивание письменных работ.

- Продумать оптимальный темп урока, то есть рассчитать время на каждый его этап.
- Продумать форму подведения итогов урока.

Также очень важна рефлексия настроения и эмоционального состояния студентов. Этот этап на уроке при правильной его организации способствует формированию умения анализировать свою деятельность на уроке.

Таким образом, современный урок будет результативным, если

- На этапе целеполагания активную позицию занимает студент.
- Используются разнообразные формы, методы и приемы обучения, повышающие степень активности учащихся и их мотивацию к учебной деятельности.
- Учитель эффективно сочетает репродуктивную и проблемную формы обучения, учит детей работать по правилу и творчески.
- Учитель добивается осмысления учебного материала всеми учащимися.
- Учитель применяет дифференцированный подход в обучении.
- Учитель обучает детей осуществлять рефлексию своей деятельности.
- Учитель стремится оценивать результаты каждого ученика, поощряет и поддерживает даже маленькие успехи.
- На уроке преобладает атмосфера сотрудничества между учителем и учениками.

“Высшим пилотажем” в проведении урока и идеальным воплощением новых стандартов на практике будет урок, на котором учитель, лишь направляястудентов , дает рекомендации в течение урока. Поэтому студенты ощущают, что ведут урок сами.

Что главное в современном уроке?

Каждый учитель имеет на этот счет свое, совершенно твердое мнение. Для одних успех обеспечивается эффектным началом, буквально захватывающим учеников сразу с появлением учителя. Для других, наоборот, гораздо важнее подведение итогов, обсуждение достигнутого. Для третьих – объяснение, для четвертых – опрос и т.д. Времена, когда учителя заставляли придерживаться

жестких и однозначных требований по организации урока миновали. Время “готовых” уроков постепенно отходит.

Новый стандарт, предъявив новые требования к результатам обучения, дал нам возможность по-новому взглянуть на урок, воплощать новые творческие идеи. Но это не значит, что традиционные приемы и методы работы нужно отвергнуть. Их можно применять в новом ключе, наряду с современными технологиями.

УДК 811.111:656.6

Бугаенко Т.І.
National University “Odessa Maritime Academy”

Відбір методів і вправ для навчання професійної термінології

Загально відомо, що англійська мова є міжнародною мовою спілкування моряків, особливо в наш час, коли судна обслуговуються багатонаціональними екіпажами. Для нормального спілкування і ефективної роботи судна в загалі, перш за все, необхідно володіти професійною лексикою. Лексичний аспект вивчення іноземної мови є одним з найважливіших та складних аспектів. Особливо тому, що вже на першому курсі ми починаємо заняття англійської мови з вивчення введення в спеціальність, коли курсантам ще не дуже зрозумілі деякі терміни навіть на рідній мові. Тому на першому етапі введення лексичного матеріалу дуже важливі методи з використанням опори на наглядні приклади, малюнки, схеми тощо. Перед текстові завдання можуть включати: ознайомлення з новою лексикою за допомогою малюнків, перекладу на рідну мову, пояснень, наведення прикладів вживання, словосполучення з цим словом.

Останнім часом широко використовуються неперекладні методи семантизації, які викликають більшу зацікавленість та активність курсантів, коли використовуються дефініції, синоніми та антоніми.

Наступний етап – текстово-перекладний метод, коли слова запам’ятовуються у контексті. Курсантів важливо привчати не просто механічно заучувати окремі слова, а прививати їм вміння самостійно аналізувати незнайомі слова, особливо похідні, с точки зору їх словотворення.

Важливо навчити курсантів запам’ятовувати нові слова так, щоб утворити стійкий зв’язок між зоровим образом та його словниковим визначанням. Тоді іноземну мову починають розуміти, як і мовлення на рідній мові, а образи виникають в уяві автоматично та миттєво. Бо якщо рефлексу нема, то нові слова забуваються.

На етапі тренування курсантам можна запропонувати скласти речення або діалоги з обов’язковим використанням вивченої лексики, надати своє тлумачення нових термінів, або вгадати термін по його визначенню, заповнити пропуски потрібними за змістом словами, вибрати слово, яке відрізняється від ряду слів, об’єднаних якоюсь одною рисою. Одним з ефективних способів закріплення слів у довгостроковій пам’яті є їх класифікація за принципом протиле-

жності та подібності. Курсанти завжди з задоволенням вирішують кросворди, ребуси або шаради.

Психологами доказано, що засвоєння нових слів досягається лише після того, як курсант вжив їх у різноманітних вправах 6-8 разів.

На заключному етапі роботи з лексикою курсантам пропонується переповісти текст, скласти до нього анотацію, закінчити речення, вибрати з тексту вірні/невірні факти, задати питання, відповісти на питання, обговорити у парах або невеликих групах факти, викладені у тексті.

Для засвоєння лексики, особливо технічних термінів, дуже важливе активне залучення усіх видів пам'яті: зорової, яка розвивається у ході читання та написання слів; слухової, яка тренується при сприйманні іномовної мови на слух; моторної, зв'язаної з функціонуванням мовного апарату і актом письмової фіксації слів; та, в кінцевому рахунку, логічної, за допомогою якої відбувається повне осмислення вивченого матеріалу. Тому задача викладача є в тому, щоб навчити курсантів найбільш ефективним прийомам запам'ятовування нової лексики, що максимально задіють всі види пам'яті.

Так багато фахівців пропонують використовувати метод мнемонічних асоціацій під час вивчення іншомовних слів. Суть методу в тому, що до іншомовного слова, яке треба запам'ятати, підбирають фонетичну асоціацію з рідної мови. Потім, виявивши фантазію та уяву, необхідно придумати яку-небудь забавну історію, віршик або фразу з правильною асоціацією і грамотним перекладом. Тім, хто навчається, лишається тільки запам'ятати історію. Наступні 2-3 дні фраза повторюється кілька разів у день. Споминається фраза за ланцюжком: «іншомовне слово – звуковий асоціативний ряд – текст (історія) – переклад на рідну мову».

На думку фахівців, після 3-4 днів повторення визначеної фрази слово запам'ятовується, а необхідність у ланцюжку відпадає. З цього моменту у довгостроковій пам'яті чоловіка залишається тільки скорочений ланцюжок «іншомовне слово – переклад».

Наведемо приклад можливих словосполучень: contain (вміщати) – «КОНТЕЙНер вміщає речі»; deliver (доставляти) – ДИка зЛИВА перешкодила доставити пошту.

В наш час є цілі словники, в яких є безліч таких прикладів. Головне правило при створенні асоціацій – їх емоційність, провокативність, перебільшення, елемент «забороненого плода» і т.п.

Отже, що особливо, важно при роботі курсантів над лексикою.

Якщо ми говоримо про рецептивне володіння іноземною мовою, то в цьому разі важливо:

- визначити первинну форму нового слова і потрібне значення у словнику;
- - визначити значення слова за словоутворювальними ознаками без словника;
- - запам'ятати лексично та впізнавати у тексті деякі граматичні форми, особливо виключення з правил;
- - орієнтуватися у порядку слів у реченні;
- знати найбільш вживані дієслова, у тому числі фразові;

- знати всі службові слова, особливо привід (у тому числі складові), займенники та союзи.
- Що до репродуктивного володіння іноземною мовою, то важливо:
- - вміти вживати конкретні значення слів у мовній ситуації в залежності від контексту;
- - знати ключові слова та словосполучення з тем, які вивчаються;
- - знати та вміти використовувати лексику до найбільш використовуваних граматичних структур;
- - вміти задавати різні типи питань;
- - вміти зробити монологічне висловлювання з теми, яка вивчається, з обовьязковим використанням нових слів;
- - вміти швидко робити зворотній переклад всіх учбових текстів.

В теперішніх умовах конкуренції сучасний морський інженер не може мати успіх на ринку праці, якщо не володіє у достатньому обсязі термінологічною культурою, тобто достатньо великим обсягом знань для успішного здійснення професійної англомовної комунікації.

УДК 811.111:37.091.27

Гіматдінова А.Є.
National University “Odessa Maritime Academy”

Особливості міжнародних екзаменів з англійської мови

Міжнародні екзамени з англійської мови є обов'язковою умовою при вступі до закордонного вузу або при працевлаштуванні за кордоном. Міжнародні іспити з англійської мови дають можливість отримати сертифікат, що підтверджує рівень знань. Всі тести на визначення рівня англійської розроблені для тих, хто вивчає мову як іноземну і не є його носієм. Існує кілька основних міжнародних іспитів з англійської мови. Кожен з них має свої особливості, специфіку та вимоги до претендента. Найпопулярніші міжнародні іспити: TOEFL, IELTS і Кембриджські тести (KET, PET, FCE, CAE, CPE). Кожен іспит перевіряє певний рівень володіння англійською мовою. Наприклад, KET перевіряє базовий рівень, вміння підтримати бесіду, орієнтуватися в оголошеннях, вивісках тощо. CPE тестує найвищий рівень, що свідчить про те, що людина знає англійську мову як рідну; найчастіше потрібно для перекладачів. Тести складаються з 4 частин (читання, говоріння, аудіювання та письмо). Тривалість тестів – близько 4-6 годин.

Існує класифікація, яка допомагає спростити процес вибору виду міжнародного екзамену. Ряд тестів перевіряють знання загальної англійської мови, завдяки деяким тестам можна оцінити рівень володіння академічним англійською, крім того, існують іспити для перевірки рівня володіння виключно бізнес англійським.

General English Exams

До екзаменів, які перевіряють володіння загальною англійською мовою відносяться KET і PET. Key English Test перевіряє розвиток елементарних

мовних навичок. Оцінка за іспит виставляється на підставі набраних відсотків. Якщо ви наберете менше 65% – отримаєте оцінку «Fail».

Preliminary English Test - підготовчий екзамен, який, як правило, складають ті, хто хоче брати участь у програмах Work and Travel або Work and Study. Оцінюється тест так само, як і KET. Тільки якщо ви набираєте 65-69% – отримуєте сертифікат «здано на рівень A2».

Professional and Academic English Exams

До цих екзаменів відноситься ряд кембриджських тестів: FCE, CAE, CPE, а також IELTS і TOEFL. Ці іспити перевіряють володіння англійською на академічному рівні та їх результати можна використовувати для вступу до вищих навчальних закладів.

FCE (First Certificate in English) відомий як Перший Кембриджський сертифікат. Тест складається з чотирьох частин:

• Reading and Use of English – читання та практика мови (граматика і словниковий запас)

• Writing – письмо

• Listening – аудіювання

• Speaking – розмовна мова. Частина Speaking здається в парі з іншим кандидатом і складається з 4 завдань. Приймають цю частину два екзаменатори: the assessor (помічник, який не бере участі в діалозі) і the interlocutor (екзаменатор, який задає питання). The assessor оцінює кандидата в залежності від чотирьох критеріїв: Grammar and Vocabulary; Discourse Management; Pronunciation; and Interactive Communication.

CAE (Certificate in advanced English) - є «проміжним» між екзаменами FCE і CPE.

CPE (Certificate of Proficiency in English) – найстаріший з кембриджських мовних екзаменів, він підтверджує найвищий рівень володіння англійською мовою. Термін дії сертифіката необмежений.

TOEFL (Test of English as a Foreign Language) – стандартизований тест на знання англійської мови, необхідний для вступу до вузів США і деяких інших країн, де лекції читаються англійською мовою. Існує кілька версій тесту: паперовий варіант (Paper-based test (PBT)), комп'ютерний варіант (Computer-based test (CBT)) і інтернет-варіант (Internet-based Test (iBT)).

Паперовий варіант включає:

• Listening (складається з 3-х частин – 30 питань про короткі розмови, 8 питань про більш тривалі розмови, 12 питань про лекції чи бесіди)

• Structure and Written Expression (має 15 вправ завершення речень правильно і 25 вправ для пошуку помилок)

• Reading Comprehension (має 50 питань до прочитаних уривків тексту)

• Writing / Test of Written English (TWE) (напиання твору на задану тему на 250-300 слів)

Інтернет-тест складається з:

• Reading (складається з питань до 3-5 уривків тексту, кожен уривок складається приблизно з 700 слів. Тексти бувають тільки на академічні теми)

• Listening (складається з питань до шести уривків, кожен з яких триває 3-5 хвилин. Ці уривки містять у собі дві студентські бесіди і чотири академічні лекції або дискусії. Кожна бесіда і лекція прослуховується тільки один раз, при цьому дозволяється робити нотатки, до яких можна повернутися при відповіді на питання)

• Speaking (складається з шести завдань: два незалежних і чотирьох комплексних. У незалежних завданнях тестовані відповідають на питання по висловлюванню думки на знайомі їм теми. У комплексних завданнях тестовані відповідають на питання після прочитання та слухання невеликих уривків. Дозволяється робити нотатки, коли вони читають та слухають, і можуть використовувати свої записи, щоб допомогти собі підготувати відповіді. Відповіді записуються в цифровому вигляді)

• Writing (після прочитання уривку на академічну тему та обговорювання, тестовані записують підсумок про основні думки з обговорення цього уривку і пояснюють, як вони співвідносяться з ключовими ідеями попереднього академічного тексту. У незалежному завданні, треба написати есе, про свою думку на задану тему, а потім пояснити її)

У даний час останній варіант вважається кращим у багатьох вузах через те, що включає завдання не тільки на читання, аудіювання та письмову мову, а також і усне мовлення та комбіновані завдання.

IELTS (International English Language Testing System) – найбільш затребуване тестування з англійської мови для навчання та імміграції до Великобританії, Канади, Австралії та Нової Зеландії.

IELTS Listening складається з 40 питань, які розподілені по чотирьох розділах за принципом від простого до складного. Інформація надається для прослуховування тільки один раз.

IELTS Reading складається з 40 питань, включає 3 розділи. Кожен розділ складається з одного тексту, обсягом від 650 до 1000 символів. Всі тексти академічні, взяті з журналів, газет і книг.

IELTS Writing складається з двох завдань – опис графіка або графічного малюнка (report) та есе (essay).

IELTS Speaking екзаменатор проводить наодинці з кандидатом. Розмова записується на аудіоносії. Speaking складається з 3 частин: знайомство з екзаменатором і розмова на загальні теми; екзаменатор видає картку-завдання з певною темою (cue-card), яку кандидат повинен розкрити протягом 1-2 хвилин. Перед цим надається 1 хвилина на підготовку монологу; екзаменатор задає питання по темі картки, мають більш узагальнений і складний характер.

Сертифікат IELTS, як і сертифікат TOEFL, дійсний протягом 2-х років з моменту отримання результатів тестів. У цьому екзамени Кембриджського університету відрізняються від IELTS і TOEFL, так як вони не мають обмеженого терміну дії.

Business English Exams

Екзамен для перевірки володіння бізнес-англійською мовою – BULATS, назва якого розшифровується як Business Language Testing Service. Цей іспит багатомовний, тобто може оцінювати рівень володіння не тільки англійською,

а й німецькою, іспанською або французькою мовами. Мінімальний рівень володіння англійською мови для успішного складання цього іспиту повинен бути не нижче Intermediate. До бізнес-іспитів також можна віднести спеціалізовані тести ILEC (International Legal English Certificate) – екзамен з англійської мови для юристів, та ICFE (International Certificate in Financial English) – іспит з англійської мови для бухгалтерів і фінансистів, призначений для підтвердження рівня мовної компетенції у сфері фінансової англійської мови. Іспит складається з чотирьох частин і охоплює широке коло спеціальних тем фінансової сфери.

TOEIC (Test of English for International Communication) – іспит на визначення вашого рівня володіння бізнес-англійською мовою. Сертифікат TOEIC дійсний два роки.

LCCIEB – група іспитів з ділової англійської мови. Необхідний практикантам закордоном, бізнесменам, співробітникам туристичної галузі тощо Перевіряє рівень володіння діловою мовою, знання специфічних для галузі термінів тощо. Часто включає тільки співбесіду з екзаменатором. Тривалість - від 1 години.

TELIP – тест розроблений у Росії. Дозволяє визначити рівень володіння мовою в рамках європейської системи. Допомагає перевірити ефективність вивчення англійської, допоможе при вступі до певних університетів та при влаштуванні на роботу. Він складається з 5 частин: аудіювання, читання, говоріння, письмо, граматика. Тривалість - близько 3-х годин. Іспит можна здавати будь-яку кількість разів. Разом з сертифікатом видається папір з індивідуальними рекомендаціями. Сертифікат тесту TELIP служить певній гарантією успішного проходження інших міжнародних іспитів.

Кожен екзамен має свої особливості, але є і загальні риси у всіх тестів з англійської мови:

• Усі ці екзамени створені для тих, хто вивчає англійську як іноземну

• Результати тестів визнаються навчальними закладами англомовних країн і компаніями-роботодавцями

• Склавши екзамен, ви отримаєте сертифікат міжнародного зразка

• Скласти кожен з цих іспитів ви зможете тільки на базі офіційного тест-центру з прийому міжнародних тестів

• Іспити перевіряють всі мовні навички: читання, письмо, говоріння, аудіювання

Можна сказати, що незважаючи на особливості проведення кожного оцінювання, головним завданням та ідеєю усіх екзаменів з англійської мови є вимірювання здатності розуміти основні ідеї, важливі деталі, наслідки, відносини між ідеями, мети, особистої позиції учасників діалогу або лектора до сказаного, вимагання розуміння причинно-наслідкових, порівняльних і висновкових складових, провірка здатності тестованих говорити спонтанно і передавати свої ідеї чітко і злагоджено. Тестовані оцінюються за їхньою здатністю належним чином синтезувати і ефективно передавати інформацію від прочитаного та прослуханого матеріалу. У цьому і полягає головна мета усіх іспитів.

УДК 656.61:159.9

Nikolayeva T. S.
National University “Odessa Maritime Academy”

Problems of Seafarers Can be Relieved by Assistance in Ports Worldwide

The problems which can affect members of a ship's crew at sea can be manifold. Mental health issues can spring unbidden from a multitude of sources; loneliness, concerns over a family's welfare etc. No matter one's religious beliefs, if any, sometimes what's needed is help, advice or simply a conversation with a willing listener in a foreign port. Although the advent of the internet has meant contact with family is much more readily available, sometimes this can be a negative factor when a message brings unwanted news, leaving the seafarer feeling impotent, with no apparent way to assist or deal with the situation. Now the seafarers’ charity, Stella Maris-Apostleship of the Sea (AoS), has launched a new version of its global port chaplains’ directory which helps seafarers get access to pastoral, practical and emotional support wherever they are in the world.

The Port Chaplain Directory 2019 lists phone numbers and email addresses of the charity’s 227 chaplains in 334 ports across 59 countries, 10,000 ship visits in British ports every year, 70,000 visits globally, two requests for help every week around the world – 50% from industry. The Directory, which can be downloaded on line (apostleshipofthesea.org.uk), also highlights the ports in which Stella Maris Seafarers’ Centres are located; these centres provide a space where seafarers can go to relax, contact family, socialise, and speak to a chaplain away from the environment of their ships. AoS National Director Martin Foley observed: “Even in our digital age, seafarers still value having a friend in port. As our recently-launched Life at Sea Report shows, face-to-face contact is unique and irreplaceable. We are able to provide pastoral, practical and emotional care to seafarers when tragedy strikes, acting as a dependable, trusted friend in times of crisis.” Copies of the Directory have been sent out to AoS chaplains globally for distribution to seafarers and ships and the range of support offered by the charity includes counselling and befriending, welfare assistance, hospital visits, transport and providing means of communicating with family and friends. AoS Development Director John Green said: “We have chaplains in most of the world’s ports. The Directory enables our network of chaplains to provide holistic care for seafarers in port after port worldwide and gives seafarers a tool to get quick and easy access to assistance and advice. Providing up to date and accurate details of all our chaplains is a valuable resource both for seafarers and stakeholders in the maritime industry such as P&I clubs, shipping agents and port officials,”

The Apostleship of the Sea was founded in Glasgow in 1920. At this time Britain had one of the largest merchant fleets in the world, employing many thousands of British seafarers. The Apostleship of the Sea ran large seafarers’ hostels in all the major port towns where seafarers could stay while their ships were in port, often for weeks at a time. Hundreds of volunteers from the local parishes were involved in providing hospitality and entertainment for seafarers in these hostels, which were always full.

Then globalisation and the drive for greater profit margins, combined with technological advances, changed the face of international shipping forever. Ships became larger, ports moved down river, and turnaround times for ships in port were reduced dramatically. Crews also became smaller, and were increasingly recruited from developing world countries where wages were lower. Owners registered their ships under so-called flags of convenience to avoid stringent regulatory controls. Today's seafarer is no longer in port for a few nights, but often only for a few hours. In these changed circumstances they no longer need the reactive welcome of a hostel, but the pro-active outreach of a ship visit to assess practical needs, backed up by a modern drop-in centre inside the docks. These centres are equipped with email terminals and telephones to facilitate contact with loved ones back home whom they may not have seen for nine or even twelve months. They are a place to relax for an hour or so, to have a drink and have a chat with other seafarers who may be using the centre. They provide a chance to stock up on essential items needed for their next stretch at sea.

REFERENCES:

1. Retrieved from The Handyshippingguide
2. Retrieved from https://www.apostleshipofthesea.org.uk

UDC 811.111'272

Tsynova M.V.
National University "Odessa Maritime Academy"

To the question on the use of communicative methodology in the process of the english language teaching

In the world of the methodology of teaching English there is a constant debate on the question what method of learning English is better. Those who support classical methodology say that this traditional way of learning language is more preferable. After all, it involves practicing all four basic language skills: speaking, listening, reading and writing. It also expands lexical vocabulary and improves pronunciation. Supporters of the communicative technique point out the shortcomings of this technique. First, with a comprehensive study of the language, there is no time left for purely conversational practice, and secondly, teachers, as a rule, are not native speakers. Therefore, if the goal of a person is to learn how to communicate, then in this case the communicative method suits him more.

In today's world, things are changing rapidly. The methods of learning English are changing as well. More and more educational centers use video materials, multimedia, role-playing games in their work. It is believed that the study of language will be effective only if the person receives pleasure from the process, and does not learn the language only because he can not do without it. Now language teaching has become more applied, while earlier it was more theoretical. The role of the teacher has changed. A teacher-dictator is not able to give students the freedom of choice,

which is necessary in the process of learning English. A teacher-intermediary, teacher-observer, came to replace that type of a teacher. Although the role of a teacher in this case is not the main one, his influence on the audience, which, in turn, becomes more intimate, does not diminish, but, on the contrary, increases. It is the teacher who is the organizer of a group interaction that encourages students to communicate with each other with maximum effect, interest and benefit. In such class students are no longer limited in their choice of language means and speech behavior.

A teacher also has an opportunity to choose any methods or techniques of training - role-playing, drilling, exercises. Now, more than ever, an English teacher has the ability to select any textbooks, as well as the ability to create, combine and modify the material based on the needs of students. Therefore, in modern conditions, the role of a teacher is changing. Now an English teacher is increasingly acting as a partner and consultant. The development of a lesson plan is carried out together with its participants during the lesson, and not in advance. What is important is not the teacher and his materials, but the participants of the lesson, the development of their potential, the search of the ways to correct errors. Modern methods of learning English offer freedom of choice. The approach to teaching English has changed a lot. Previously, priority was given to the classical or, as it is otherwise called, the fundamental method of teaching English. The classical approach is based on the understanding of the language as a real and complete means of communication. An integrated approach is aimed at developing students' ability to understand and create speech, compare two language systems and learn grammatical rules. Modern methods of learning English also offer a creative approach to learning: poetry, sayings, films and sports broadcasts. There are many means for the formation of students' communicative competence. The formation of communicative competence is the main purpose of learning a foreign language. The communicative approach includes the formation of communication skills and intercultural interaction skills. In the classroom, students do not use too complex syntax or very difficult vocabulary. After all, the spoken language of any person is significantly different from the written style. Communicating during the day, people usually do not use very long sentences. The communicative method, above all, is designed to relieve tension and fear of communication. A person with standard grammatical structures and vocabulary of 600–1000 words can easily find a common language in an unfamiliar country. However, there are certain drawbacks - often a person’s vocabulary is very limited, which leads to monotonous vocabulary and the use of cliché phrases. There are also grammatical errors. In order to avoid all these shortcomings, a person must constantly work on his own and have the desire to improve his knowledge of English.

A special place among active teaching methods is occupied by didactic games - role-playing, imitation, business, and others. In modern methods of learning English, role-playing games are widely used. Here, much depends not only on the teacher's imagination, but also on the students' imagination. With the help of a role-playing game, its participants learn to instantly invent synonyms or rebuild sentences in a very short time, depending on how the conversation is formed. Role-playing game is one of the forms of organization of speech activity, which is very important for learners of a foreign language. It is with the help of role-playing games that students

form such important qualities as team sense, team responsibility, and communication. The essence of the technique lies in the maximum immersion of the student into the speech process. The main goal of this method is to teach a student to speak English first and then to think in it.

Role-playing game is not only an interesting type of activity, it is very useful for the worldview, and therefore, for the education of a person All students are involved in this type of activity to one degree or another, therefore the activity of the participants is very high and, as a result, the psychological atmosphere of the lesson becomes favorable. The goal of all British methods is the development of four language skills - reading, writing, speaking and listening. At the same time, much attention is paid to the use of audio, video and interactive techniques, where language technologies occupy the main place. I would like to give an example of the Burlington School, London. Teaching is conducted on the basis of authentic material, and great attention is paid to stylistics. The teachers try to teach lively situational speech based on examples from the life of some characters or the history of the country. Intensive English language courses are attended by people who want to learn "real English" and get linguistic training. One type of active methods of learning English that is used in intensive courses is a role-playing game. The basis of role-playing games is organized communication of students in accordance with their role and game plot. This type of methodology is very appropriate in the case of intensive study of the language by foreign students, because all of them came from different countries, have different mentality, different ages, etc. This kind of activity is intended not only to promote rapid and effective mastering of the English language, but also communication, the establishment of friendly relations between students, a relaxed atmosphere and, as a consequence, the formation of a friendly team. Immersion in the language environment is a very effective method of learning English. Another advantage of the communicative method of learning English in intensive language courses in the UK is a teacher who is a native speaker. However, the teacher is not a dominant figure of the lesson, he only controls the learning activities, giving students the opportunity to express their opinions themselves. Thus, the teacher forms and activates the abilities and skills of creative and cognitive activity in his students. After all, using the communicative method in the process of communication with students, the teacher himself is developing professionally.

Thus, we can conclude that the use of a communicative method in teaching English, especially to the students of maritime universities, has its advantages over the traditional method thanks to active forms of learning, one of which is role-playing. The students who are involved in using this method can quickly and effectively learn English and acquire language practice.

LITERATURE:

1. Anikeeva N. P. Psychological climate in the team [Text]: Scientific publication / N. P. Anikeeva. - M .: Prosveshenije, 1989. - 223 p.
2. Bessarab T.P. Using the communicative method in teaching English (using the example of intensive English courses in the UK) // Young Scientist. - 2013. - №5. - p. 665-669.

3. Melnik I. M. ,Toporov A. O. The use of game methods in psychological practice: - Kharkov: KSU, 1992. - 6s.
4. Stronin M.F. Educational games in English class / M.F. Stronin - M .: Education, 1984–370 p.
5. Ushinsky K.D. Man as a subject of education: the experience of educational anthropology. - M .: 2004. – 267 p.

UDC 811.111’278

Unhurian A., Нікуліна Є.Л.
National University “Odessa Maritime Academy”

Ship’s Integrated Control and Monitoring System

Operating a ship requires a considerable number of fully automated processes to run in parallel with each other. To be able to guarantee the safety and economic efficiency of the ship’s operation, all these processes need to be displayed clearly, consistently monitored and efficiently controlled. Integrated monitoring, alarm and control system provides a clear engineering processes overview, facilitates and improves operation of all onboard equipment. ICMS is a fault-tolerant, self-monitoring, high performance system designed for every size and type of vessel. It integrates all data flow from technical processes relevant to the ship’s operation. With its clear interface, it gives to operator full transparency as well as maximum control reliability.

The system executes highly complex processes, optimises all of the onboard operations to improve the ship’s overall performance at the same time reducing operator’s participation and operation to be provided. ICMS supports the ship’s crew and the result is significant time saving that allows better decision-making and a higher level of operational safety. ICMS integrates all the ship’s engineering processes information and safety management, allowing for crew to make better informed decisions.

ICMS integrates the functions of the following systems:

- Engine room alarm and monitoring system;
- Electrical energy distribution control;
- Auxiliary equipment operation and control;
- Ballast management system;
- Valves control;
- Tanks sounding system;
- Communication with:
- Power management system
- Voyage data recorder
- Main engine control system
- Auxiliary engines control system
- Thrusters control system

An ergonomic HMI (Human Machine Interface) technology enables easy operation and targeted information retrieval. In order to display the complex processes

rapidly and clearly for operating personnel, ICMS provides clear and transparent process visualization. The interactive user interface shows in real time, which processes are running and how they relate to each other. The user can adapt the display specifically to his needs by viewing just the process data required. The display gives options for numerical values or symbols with annotations or colour coding if preferred. For quick object-oriented visual analyses, all information regarding status, reports, curves, default values, parameter settings and interlocking systems can be overlaid on the object. Standard system access is performed via operator's stations installed in the engine room, in cargo control room and on the bridge. Internet access allows shore-based staff to access the system in read-only mode for the exchange of data, remote diagnostics and if necessary rapid troubleshooting.

УДК 629.5.064.5=111

Blashko A. O., Shalyov A. S.

National University 'Odesa Maritime Academy'

Induction motor

An induction motor or asynchronous motor is an AC electric motor in which the electric current in the rotor needed to produce torque is obtained by electromagnetic induction from the magnetic field of the stator winding. An induction motor can therefore be made without electrical connections to the rotor [3].

In 1824, the French physicist François Arago formulated the existence of rotating magnetic fields, termed Arago's rotations. By manually turning switches on and off, Walter Baily demonstrated the first primitive induction motor effectively in 1879 [4].

The first AC commutator-free three-phase induction motors were independently invented by Galileo Ferraris and Nikola Tesla, a working motor model was demonstrated by the former in 1885 and by the latter in 1887. Tesla applied for US patents in October and November 1887 and was granted some of these patents in May 1888. In April 1888, the Royal Academy of Science of Turin published Ferraris's research on his AC polyphase motor detailing the foundations of motor operation. In May 1888 Tesla presented 'A New System for Alternating Current Motors and Transformers' technical paper to the American Institute of Electrical Engineers describing three four-stator-pole motor types: one with a four-pole rotor forming a non-self-starting reluctance motor, the other with a wound rotor forming a self-starting induction motor, and the third one is a true synchronous motor with separately excited DC supply to rotor winding. Mikhail Dolivo-Dobrovolsky invented the cage-rotor induction motor in 1889 and the three-limb transformer in 1890. Furthermore, he claimed that Tesla's motor was not practical because of two-phase pulsations, which prompted him to persist in his three-phase work [6].

In an AC motor, there is a ring of electromagnets arranged around the outside (making up the stator), which is designed to produce a rotating magnetic field. Inside the stator, there is a solid metal axle, a loop of wire, a coil, a squirrel cage made of metal bars and interconnections, or some other freely rotating metal part that can

conduct electricity. Whereas a synchronous motor's rotor turns at the same rate as the stator field, an induction motor's rotor rotates at a somewhat slower speed than the stator field. The induction motor stator's magnetic field is therefore changing or rotating relative to the rotor. This induces an opposing current in the induction motor's rotor, in effect the motor's secondary winding, when the latter is short-circuited or closed through an external impedance. The rotating magnetic flux induces currents in the windings of the rotor; in a manner similar to currents induced in a transformer's secondary winding [1].

The induced currents in the rotor windings in turn create magnetic fields in the rotor that react against the stator field. Due to Lenz's Law, the direction of the magnetic field created will be such as to oppose the change in current through the rotor windings. The cause of induced current in the rotor windings is the rotating stator magnetic field, so to oppose the change in rotor-winding currents the rotor will start to rotate in the direction of the rotating stator magnetic field. The rotor accelerates until the magnitude of induced rotor current and torque balances the applied mechanical load on the rotation of the rotor. Since rotation at synchronous speed would result in no induced rotor current, an induction motor always operates slightly slower than synchronous speed. The difference, or 'slip', between actual and synchronous speed varies from about 0.5% to 5.0% for standard Design B torque curve induction motors. The induction motor's essential character is that it is created solely by induction instead of being separately excited as in synchronous or DC machines or being self-magnetized as in permanent magnet motors [1].

The stator of an induction motor consists of poles carrying supply current to induce a magnetic field that penetrates the rotor. To optimize the distribution of the magnetic field, windings are distributed in slots around the stator, with the magnetic field having the same number of north and south poles. Induction motors are most commonly run on single-phase or three-phase power, but two-phase motors also exist. In theory, induction motors can have any number of phases. Many single-phase motors having two windings can be viewed as two-phase motors, since a capacitor is used to generate a second power phase 90° from the single-phase supply and feeds it to the second motor winding. Single-phase motors require some mechanism to produce a rotating field on startup. Cage induction motor rotor's conductor bars are typically skewed to avoid magnetic locking [2].

Standardized NEMA & IEC motor frame sizes throughout the industry result in interchangeable dimensions for shaft, foot mounting, general aspects as well as certain motor flange aspect. Since an open, drip proof (ODP) motor design allows a free air exchange from outside to the inner stator windings, this style of motor tends to be slightly more efficient because the windings are cooler. At a given power rating, lower speed requires a larger frame [5].

LIST OF USED LITERATURE

1. Woldek A., Electric machine, 1974
2. ABB Motors and Generators, Low voltage motors: Motor guide, 2014

3. IEC 60050 (Publication date: 1990-10). Section 411-31: Rotation Machinery – General, IEV ref. 411-31-10: 'Induction Machine – an asynchronous machine of which only one winding is energized'.

4. Thompson, Silvanus Phillips (1895). Polyphase Electric Currents and Alternate-Current Motors (1st edition). London: E. & F.N. Spon. p. 261

5. ABB Group, SPECIFIER GUIDE, 2016

6. *[Електронний ресурс]:* en.wikipedia.org/wiki/Induction_motor#History – Назва з екрана.

УДК 629.5.064.5=111

Bondar M. A., Shalyov A. S.
National University "Odessa Maritime Academy"

Azipod

INTRODUCTION

AZIPOD is a podded electric main propulsion and steering system driving a fixed-pitch propeller at variable speed both in ahead and astern rotation. The first AZIPOD system onboard was installed in 1990. The good thing about AZIPODs is that they do not have engines inside; instead they have huge Variable Frequency Electric Motors (VFEM). They are also known as POD Drives (Propulsions with Outboard Electric Motors), in which the electric motor is used to turn the propeller [1]. The POD can be rotated through 360 degrees to provide the required thrust in any direction. In other words, it is electric propulsion which can be used for luxury cruise vessels, Ro-Ro (Roll On-Roll Off) vessels, tankers, offshore and special purposes vessels.

THE ADVANTAGES

The reliability and effectiveness of AZIPOD propulsion has been proven over the last decade in the toughest ocean-going ship applications: Arctic tankers and ice breakers. The main advantages of AZIPOD are:

- Manoeuvrability and dynamic performance are benefits which have not been provided by the earlier systems. They have excellent reversing capability and steering during astern navigation.
- Low noise and vibration characteristics associated with the conventional electric drive system are enhanced by AZIPOD motor's underwater location.
- AZIPOD system facilitates more extra space than the conventional ships. Space within the hull otherwise taken by propulsion motors and shaft lines is saved and can be used either for the cargo storage or any other need on board.
- Operational flexibility gives low fuel consumption, and reduced maintenance costs. It is reported that the operational efficiency if it is 15% more than the conventional propulsion it results in high annual fuel saving, less exhaust emissions and adequate redundancy with losses installation power.
- It saves lube oil consumption more than in shaft driven systems. It is about 10 litres of lube oil consumption against 1000 litres in the conventional drives.

CONSTRUCTION

Usually AZIPODs are installed in pairs, because such arrangements are able to provide excellent maneuverability at a slow speed. They also maintain good directional stability. However, many variations of this propulsion system are known. Propellers there may be pushing or pulling, tandem or contra-rotating [2]. AZIPODs allow us to get rid of shafts, shaft bearings, rudders and long shaft lines, and associated equipment, which reduces maintenance costs and also improves efficiency [3]. Power transmission in steering module is installed in the ship hull in the convenient phase of ship construction. Power transmission and steering module consists of local control and equipment box, a cable drum (a slipping unit as an option), steering motors with gearboxes and an assembly block.

Functionally, the propulsion drive can be divided into the following parts:

- Supply transformer
- Propulsion motor
- Frequency converter

STATISTICS

Recently, a new type of a vessel has been introduced to the world shipping fleet in large numbers. It is a passenger cruise vessel. Statistics of ships in operation and on order reveals that more than 750 ships of different sizes that could be defined as cruise ships are already in operation [4], more than about 50 of them are large ships of more than 250 meters in length and carrying sometimes as much as 6000 passengers.

TRAINING

To introduce this new system and prevent any emergency onboard, AZIPOD system's manufacture provides special training for ship masters and senior officers. With the view of arranging faultless operation and effective training of ship masters and pilots, European consortium has been established within Seventh Framework for the realization of the research project under 'Intuitive operation and pilot training when using marine azimuthing control devices' heading [5].

LIST OF USED LITERATURE

1. Marine Propulsion & Auxiliary Machinery: The Journal of Ship's Engineering Systems. Riviera Maritime Media. ISSN 1742-2825. 2005.
2. Experience with AZIPOD propulsion systems on board marine vessels. ABB Marine. 2012.
3. Introduction to AZIPOD Propulsion. ABB Marine. 2006.
4. *[Electronic resource]:* https://en.wikipedia.org/wiki/AZIPOD — Назва з екрана.
5. *[Electronic resource]:* https://library.e.abb.com/ — Назва з екрана.

УДК 629.5.066=111

Karpelenya A. O., Shalyov A. S.
National University “Odessa Maritime Academy”

Alarm monitoring system

Main Rule: Calm

If you hear an alarm or see flashing lights, do not panic, run or scream, just keep calm. Assess the situation simply and calmly, whatever serious has happened or not. If the problem is not serious, then everything is fine and you can exhale, but if not, just understand that you need to pull yourself together and on a cold head solve the problem and inform the staff about it.

Functionality

The alarm and monitoring system is the basic marine automation system. The main purpose of the system is to give ship’s officers all the basic alarm and status information they require to maintain safe and efficient operation of the machinery and other related equipment [1].

Alarm and Logging Functions

The logging printer and the colour graphics display records of all status changes, such as alarm acknowledgements and alarm condition cleared. When all alarm conditions are cleared, the system returns to normal. Alarm limits and delays are adjustable by using the operator panel. A counter function keeps track of running hours for engines, pumps and related items. This function can also accumulate flow. Counter values are shown on the colour graphics display and may be printed.

Alarms and other information are presented either as lists or graphic displays on the operator stations or local operator stations. To record alarms and events a number of different logging options are available including complete log, alarm summary log, group log, etc. [1].

Alarm and Monitoring System Benefits

1. Alarm detection with visual and acoustic alarm indication
2. Alarm groups, summary and history
3. Alarm extension system for bridge and cabins for UMS operation
4. Exhaust Gas temperature monitoring
5. Inhibit of alarms (alarm block)
6. Colour graphic presentation
7. Logging of alarms and events to printer
8. Running hours and counters
9. Logs (event log, noon log, and others)
10. Ship and system information
11. Trend monitoring
12. Bar graph display of selected points
13. Performance monitoring
14. Personal alarm system

Types of Alarm on the Ship

Ship alarm system is divided into fire, emergency and typical alarms.

The motor ships use an automatic fire alarm system designed to trigger an alarm signal to the wheelhouse in case of a fire or an unacceptable excess of the air temperature in the ship's premises.

Emergency alarm is used to give signals during emergency work and emergency situations. On passenger ships, it is divided into two groups: one for the crew and one for the passengers. Emergency alarm is switched on from the cabin. The bells of the emergency alarm are placed in the engine room, the corridors, on the outer walls of the superstructures. In noisy rooms, an additional warning lamp is installed. Emergency alarm is powered by an emergency battery or a separate battery. The capacity of the battery must match the alarm for 15 minutes.

Typical alarms are designed to call the attendant or service personnel using electric calls with numerators that determine where the call was made from. To do this, the call buttons are installed in the premises, and in the duty room where there is a numerator with an electric bell. The everyday alarm system receives power from the ship network or from the battery [3].

Available Options

The system can be delivered as alarm and monitoring system only, or can at any time be extended to include power management system, system control and a variety of other functions such as ballast automation, air conditioning control, reefer monitoring and fire system [1].

LIST OF USED LITERATURE

1. [Електронний ресурс]: https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/DFA7C987D356873DC125726700537D73?OpenDocument – Назва з екрана.
2. [Електронний ресурс]: https://www.electroengineer.ru/2012/01/blog-post_7181.html – Назва з екрана.

УДК 621.431.74-611+662.6=111

Kotenko V.A., Kozak S.V.
National University "Odessa Maritime Academy"

7 Technologies To Reduce Fuel Consumption Of Ships

- Air Lubrication

Air Lubrication System is a method to reduce the resistance between the ship's hull and seawater using air bubbles. Also known as the "Bubble technology", it works on the principle of supplying air to the ship's underside in order to create a layer of tiny bubbles that would help in reducing the friction between the hull and the seawater.

Vessels which are wide-bodied, slow-moving and have a small draft, such as heavy lift and module carriers, typically benefit the most from these systems.

This reduces the frictional resistance between the water and hull and improves the vessel's operational efficiency, reducing fuel consumption and associated emissions. The technology can be added to a new build design, or retrofitted to an existing ship within just 14 days.

- Fuel Saving Propeller Attachment

Hyundai Heavy Industries (HHI) has used an energy-saving device called Hi-FIN attached at the hub of the ship propeller, which generates countering swirls that offset the swirls generated by the propeller, and thus improves propulsion efficiency.

HHI found that Hi-FIN can save up to 2.5 % of fuel in comparison with the same type of vessels without Hi-FIN. If the fuel saving ratio is calculated on the basis of an 8,600 TEU containership, the owners or operators of the containership can save about $750,000 per year or $19 million for 25 years, an estimated lifetime of the ship.

- Onboard DC Grid System

Onboard DC Grid system introduced by ABB helps vessels reduce their fuel consumption, cut noise and trim their environmental impact. The system which allows engines to run at variable speeds for top fuel efficiency at each load level has been identified to reduce specific fuel oil consumption of up to 27 percent.

A key advantage of a DC grid is that the ship's engines no longer have to run at a fixed speed; instead, this can be adjusted to optimise fuel consumption.

In addition to reducing fuel consumption, the tests also showed 30 percent engine room noise reduction, contributing to improved working conditions aboard the vessel.

- Modified Ship's Bulbous Bow

Maersk Lines have recently reported fuel savings of over 5 percent by making some strategic modifications to their ships' bows, to offer improved performance. The new bulbous bow design reduces wave-making resistance by producing its own wave system that is out of phase with the bow wave from the hull, creating a reduction in resistance made by the waves.

- Fuel Oil Emulsion (FOE) technology

Fuel Oil Emulsion (FOE) technology by Blended Fuel Solutions burns more completely than unmodified fuel and so uses less fuel, emissions are lower and the engines run cooler and so should require less maintenance. This would reduce use of fuel and the level of emissions as well as give a significant financial saving.

- Low Loss Hybrid Energy System

The Wärtsilä LLH System uses different power sources in combination with energy storage.

This system reduces fuel consumption up to 15%. A key feature of the system is its ability to reduce transient engine loads that cause increased fuel consumption and added emissions.

The system allows the engine to operate closer to its optimum design point where it has highest efficiency.

- Wind and Solar Power

Eco Marine Power's EnergySail technology utilizes an array of rigid sails which can utilize both wind and solar energy. The sails can be used with other green ship technologies to reduce fuel consumption and gas emissions.

The power of the wind will help to move the ship and the power of sun will be collected via solar panels. The EnegrySail array will be moved to suit weather conditions. The array will be lowered during storms or when not in use.

A computer system will automatically position each EnergySail. The energySail's can fitted with solar panels or other devices.

This system will be suitable for bulk ore carriers, tankers, cargo ships and other vessels. The system will be also suitable for survey ships, coastguard vessels and even naval frigates.

УДК: 662, 613, 13 = 11

Mykhailo S., Kozak S. V.
National University "Odessa Maritime Academy"

Fuel oil separation

Introduction

Fuels supplied to a ship must be treated on board before use in order to remove solid as well as liquid contaminants. The solid contaminants in the fuel are mainly rust, sand, dust and refinery catalysts. Liquid contaminants are mainly fresh or salt water. Fuel oil treatment involves storage and heating to allow separation of water present, coarse and fine filtering to remove solid particles and also centrifuging. Water and sediments can be separated by gravity and drained off at the bottom of the tank. Effective cleaning of residual fuels can only be ensured by centrifuges.

Centrifuging

The separation principle of high-speed centrifuge depends on the difference in the specific gravity of two different liquids. To understand, let's take a settling tank where fuel is stored and because of the difference in the gravity of water and fuel (water is heavier) the water gets collected at the bottom part of the tank due to the effect of gravity. In the centrifuge the gravitational factor g is replaced by the centrifugal force which is much more higher than gravitation force (because of high velocity of rotation), so separating force will be much higher in the centrifuge as compare to a settling tank.

Types of centrifuge

There are normally two types based on the application:

1) Purifier: When a centrifuge is arranged for separating two liquids of different densities, for e.g. water from oil, it is known as a purifier. The main component of purifier is correct size gravity disc or dam ring which is responsible for creating an interface between the oil and water.

2) Clarifier: When a centrifuge is arranged to remove only impurities and a small amount of water, it is called as the clarifier. Since it is used mainly for that fluid

were mostly solid impurities are to be removed, gravity disc is not used in clarifier; instead a sealing ring is used to keep the impurities intact unless desludged.

Differences between a clarifier and purifier

The main difference between a clarifier and a purifier is the presence of a dam ring in the latter. In a purifier, the interface or the line of separation between the oil and water is created using a dam ring. The position of the dam ring plays an important role in the generation of interface and thus in the clarifying process. For example, if the diameter of dam ring is large, the interface moves out towards the periphery and as a result some oil is discharged with water from the water outlet. Also, if the diameter is small, the interface formed will be more inwards and water will be discharged with the oil from the oil outlet.

The diameter of holes in the dam rings also plays an important role in the creation of interface and purification process. If the diameter of the holes is more, the interface is formed towards the periphery and oil globules are found with water and sludge. If the diameter is less the oil-water interface moves inwards and water is released with the clean oil discharged.

Another difference between a clarifier and purifier is that a purifier needs to be filled completely with water for the generation of a seal that prevents the oil to leave from the water outlet. Whereas a clarifier doesn't needs to be filled up with water.

ALCAP technology

ALCAP means:

A = Alfa

L = laval

C = Clarifier

A = And

P = Purifier

Alfa Laval is a leading global supplier of products and solutions for heat transfer, separation and fluid handling through its key products – heat exchangers, separators, pumps and valves.

ALCAP is a clarifier and a purifier type separator in one frame. It gives the benefits (higher separation efficiency) of the clarifier and the water drain capability of the purifier.

The working principle of ALCAP system

The unprocessed oil is fed through a heater by a feed pump, operating at a constant flow. A change-over valve directs the oil to the separator. The cleaned oil is pumped from the separator to the daily service tank. During separator start and stop procedures, during alarm conditions, or if the oil temperature is outside the preset range, the oil is directed by the change-over valve to a return line back to the engine sump or settling tank.

As the sludge space fills up and water enters the disc stack, traces of water will escape with the cleaned oil. The increase of water content in the cleaned oil is the sign of reduced separation efficiency. This condition is monitored by the water transducer and process control system.

The water is removed by either of two ways:

- • The water drain valve opens and the water leaves the bowl through the water outlet.
- • Through the sludge ports at sludge discharge. Which way is decided by the process control system.

Summary

- The most effective cleaning of residual fuels is ensured by centrifuges.
- The separation principle of centrifuge depends on the difference in the specific gravity of two different liquids.
- There are normally two types of centrifuges — purifiers (for separating two liquids of different densities) and clarifiers (for removing of impurities).
- ALCAP is a clarifier and a purifier type separator in one frame.

УДК 621.181:629.5

Gnatyuk B.I., Oleinik A.A.
National University "Odessa Maritime Academy"

Ship`s boilers

What is the boiler?

- A **boiler** is a closed vessel in which fluid (generally water) is heated. (reservoir, tank)
- The heated or vaporized fluid exits the boiler for use in various processes or heating applications, including water heating, central heating, boiler-based power generation, cooking, and sanitation.

Structure

1. It is said that the boiler is properly trimmed with necessary material. (made up with sheat) All safety equipment is ready for operating.
2. Fireproof backside door = refractory lined rear door
3. Flame side
4. A.S.M.E – international developer
5. Skid – pedestal, stand
6. Control screen
7. Ul – definition of burners standarts
8. Forced draft burner – is operated by force (not circulated)
9. Davit – special crane. Hinged – hang on
10. Pipe through witch gases go out.

Working principles

1. Split valve – is used separate the boiler from the steam magistral.
2. Steam drum – is used to separate steam and water.
3. Standpipe – to organize circulation.
4. Screen pipes - to minimize the lack of heat.
5. Heating pipe.
6. Combustion device – to burn fuel
7. Bottom blowdown valve – to remove slim

8. Water drum
9. Steam heater – to heat up the steam over its temperature
10. Top purge valve – to remove fuel screen
11. Economizer - to heat the water with help of exhaust gases
12. Air heater – to heat the air before its gets to water drum

Types of boilers Classification
As intended :
- Main steam boilers.
- Auxiliary steam boiler.

By use :
- Autonomous, which have own fuel system.
- Recycling, which is operated by exhaust gases.
- By construction :
- Fire-tube boiler.
- Water-tube boiler.
- By principle of water organization :
- Free circulation
- Forced circulation

УДК 621.438:629.5

Demianenko I. A. , Oleinik A. A.
National University “Odessa Maritime Academy”

Gas turbines as ships main engines

Introduction:

We are all used to see planes being driven by gas turbines, but they can also be used as the main engine to propel ships. Gas turbines have been used to propel ships for over 40 years, being commercially developed to drive the warship and merchant fleets of all nations. The big advantage of gas turbines over conventional steam turbine or marine diesel main engines is their excellent power to weight ratio [1].

However, the rising costs of fuel has made many ships companies revert back to the marine diesel engine running on heavy fuel oil. In the following sections we shall examine how a gas turbine operates and how it is used to propel modern vessels. The first sections provide a look at the components that make up the gas turbine.

Gas turbine components:

A gas turbine with an output drive shaft is made up of three components:
- An air compressor
- The combustion chamber [2]
- The gas turbine

Air compressor:

The air is supplied by an air pretreatment [3] unit comprising of a silencer [4], an air filter, and an air cooler. The ambient [5] air is drawn through these items of equipment before entering the air compressor. This describes a "multi-stage axial flow air compressor" that compresses the air to high pressure and temperature.

Combustion chamber:

This chamber is situated between the air compressor and the turbine and supplied with gas or diesel oil and the high pressure air. There are numerous fuel injectors arranged around the combustion chamber, along with two high intensity [6] spark igniters.

Turbine:

The hot exhaust gas from the combustion chamber drives the turbine, which is normally of two stage design.

Operation of the Gas Turbine:

The unit is rotated using a system like a car engine starter on the drive shaft. Once it is up to operating speed, the gas is introduced to the combustion chamber where it is fired by spark ignition. This further rotates the turbine and the air compressor on the opposite end of the shaft. This compressor draws [7] in air through the silencer and air cooler filter unit, compressing it up to 30 bar before discharging this. Then high pressure hot air comes into the combustion chamber and completing the gas turbine sequence, driving the shaft at optimum speed of 3600 rpm.

In gas turbine driven ships, the conventional gas turbine is combined with a power turbine which provides the power to the ships propeller. This system of ship propulsion is known as a "split-shaft gas turbine" [8].

The gas turbine drive shaft contains the turbine starter and the auxiliary pumps drives for the different systems. Hot exhaust gasses from the gas turbine are fed into the power turbine.

Few words about power turbine:

The power turbine is much slower running than the gas turbine. It has blades and rotors shaped as nozzles similar to that of a normal steam turbine. The power turbine output shaft connects by coupling to the gearbox [9] incorporating a clutch [10] which is used to engage/disengage the drive. The drive shaft exits the gearbox at the revolutions required by either a fixed or variable pitch propeller.

The ship is maneuvered either using the clutch and an ahead/astern gearbox or a variable pitch propeller.

An engine room of the split-shaft gas turbine is much smaller than the normal ship's engine room, but still contains the fuel and lube oil systems with the associated auxiliary pumps, filters and coolers.

New words:

- Ratio – отношение
- Combustion chamber – камера сгорания
- Pretreatment – предварительная обработка

- Silencer - глушитель
- Ambient – окружающий
- High intensity – высокоинтенсивный
- To draw – втягивать
- Split-shaft gas turbine – 2-ухвальная газовая турбина
- Gearbox (reduction gear) – коробка передач, редуктор
- Clutch – сцепление

REFERENCES:

1. https://www.rolls-royce.com/products-and-services/marine.aspx
2. https://fas.org/man/dod-101/sys/ship/eng/lm2500.htm
3. https://www.brighthubengineering.com/naval-architecture/61952-jet-engines-for-marine-propulsion/

УДК 62-585

Mendryk V., Oliinyk A. A.
National University “Odessa Maritime Academy”

Theme: Reduction gear and gearboxes

A reduction gear is an arrangement by which an input speed can be lowered for a requirement of slower output speed, with same or more output torque. Reduction gear assembly consists of a set of rotating gears connected to a wheel work. The high speed incoming motion from the wheel work is transmitted to the set of rotating gears, wherein the motion or torque is changed. The number of gears used in the reduction gear assembly depends on the output speed requirement of the application.The reduction gear assembly is usually known as reduction gear box.

To understand why a reduction gear is used in a particular machinery we will take an example of a ship using high speed turbines. It is a basic requirement of a ship that in order to have high efficiency the steam turbine should operate at a relatively high range of rpm. However, the effective functioning of a propeller requires a relatively low rpm range. For this reason, a reduction gear is used, which reduces the high speed motion of the steam turbine into low rpm range required by the propeller.

Types of Reduction Gears

There are mainly two types of reduction gears:

Single reduction gear

Double reduction gear

Single Reduction gear

This arrangement consists of only one one pair of gears. The reduction gear box consists of ports through which the propeller shaft and engine shaft enters the assembly. A small gear known as a pinion is driven by the incoming engine shaft. The pinion directly drives a large gear mounted on the propeller shaft. The speed is adjusted by making the ratio of the speed reduction to the diameter of pinion and gear proportional. Generally, a single gear assembly has a gear double the size of a pinion.

Double Reduction gear

Double reduction gears are generally used in applications involving very high speeds. In this arrangement the pinion is connected to the input shaft using a flexible coupling. The pinion is connected to an intermediate gear known as the first reduction gear. The first reduction gear is then connected to a low speed pinion with the help of one more shaft. This pinion is connected to the second reduction gear mounted directly on the propeller shaft. Such arrangement facilitates the reduction of speed to a ratio as high as 20:1 .

Types of reduction units

Chain Drive
Internal Spur Gear.
Worm Gearbox
Planetary Gearbox
Straight Bevel Helical Gearbox
Skew Bevel Helical Gearbox
Belt Drive
And Etc.

Chain Drive

Chain drive is a way of transmitting mechanical power from one place to another. It is often used to convey power to the wheels of a vehicle, particularly bicycles and motorcycles. It is also used in a wide variety of machines besides vehicles

Internal spur gear

This is actually a type of spur gear

Internal spur gear is not much different from a regular spur gear

These gear by appearance shows pitch surface that is cylindrical

Worm Gearbox

Strengths: This type of gearbox provides greater speed reduction ratio between axis shafts. Worm gears are used to transmit power at 90 degrees.

Details: The worm drive is equipped with a wheel that has a large diameter. A worm screw meshes with the teeth on the worm wheel's peripheral area. The worm usually resembles a screw while the wheel is similar to one section of a nut.

Planetary Gearbox

Strengths: This gearbox is known for endurance and accuracy.

Details: It comes in hollow or solid input, and there are various mounting options, including foot, flange-mounted, or shaft.

Straight Bevel Helical Gearbox

Strengths: The bevel helical gearbox provides a rotary motion between non-parallel shafts.

Details: This gearbox has a curvet rigidity and strength.

Skew Bevel Helical Gearbox

Details: This gearbox is noted for its unyielding, monolithic structure, combining two cylindrical-helical stages of reduction with the skew axis.

Belt Drive

Belt drives for power transmission are classed as frictional drives. The belt transmits power by friction contact between the belt and the driving and driven sheave.

Power transmission belts are available in several types: flat belts, V-belts, synchronous belts, and multi-ribbed belts.

That's all, but There are a lot of types of gearboxes, different forms and methods of torque transmission. All of them may not fit in one presentation. Gearboxes are a whole small world. Thank you for attention

УДК 629.5.03-82-83

Rukas D., Vietrohon S., Oliinyk A.
National University "Odessa Maritime Academy"

Electric and hydraulic types of engine

About 20 years ago, MAN B & W proudly announced the launch of the Intelligent Engine. The Intelligent Engine was settled on the Norwegian chemical tanker owned by Odfjell ASA. The chemical tanker was built in 1998 at the shipyard Kvaerner Floro in Norway.

What means this term the "Intelligent Engine"? It is a diesel engine without a camshaft, otherwise it is called "camless". The fuel injection control and the opening of the exhaust valves is controlled electronically by means of solenoid valves.

The use of new technology opens up attractive prospects for diesel builders. In addition to reducing weight (metal consumption), a tangible simplification of the mechanical design, the expensive and high-tech camshaft with drives and pumps for each cylinder becomes unnecessary, and the electronics provide for flexible regulation of the working process in the engine cylinder.

To be precise, the experience on the Norwegian ship is so far only the continuation of 10-year efforts and experiments to develop such a system.

MAN B & W won an order for the supply of 7S60MC-E diesel engines for new small-sitting super-tankers such as V-max shallow draft under construction for the Concordia Maritime.

The company has been developing the concept of "Intelligent Engine" (IE) since 1993. In 1997, the design was brought to the "close to commercial" (company definition) version of the second generation.

IE technology is being offered by the company as an addition to the MC (McC-E) series engines.

In addition to the mechatronics drive for fuel pumps and exhaust valves, which is used on the Bow Cecil diesel, new engines are equipped with a computer-controlled starting system and lubricator lubrication system.

Some of our cadets have been working with electric (intelligent) and hydraulic (mechanic) types of engine. That is why we will take as example engines which we worked with.

Kawasaki Heavy Industries has been manufacturing marine 2-stroke diesel engines under license from MAN B&W Diesel A/S. Working against the backdrop of

IMO (International Maritime Organization) Tier III NOx regulations gone into effect in 2016, Kawasaki has completed Kawasaki-ECO system "K-ECOS" which is an Eco-friendly system combined with T/C (Turbocharger) cut system, EGR (Exhaust Gas Recirculation) and/or WEF (Water Emulsified Fuel) for two-stroke diesel engines. Kawasaki continues to build on technological developments related to marine vessels with an eye to saving the environment.

Features:

- The world's largest two-stroke diesel engine program with layout flexibility to secure the various selection of your propulsion system
- Low specific fuel oil consumption together with optimum engine speed selection
- Low specific fuel oil consumption over a wide operating range of part load
- Complying with IMO NOx emission regulations

Second type is mechanically-hydraulic or just hydraulic type of engine.

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. (MHI) has been developing and manufacturing the UE model engines since 1955, and has gained high reputation from the customers as one of the remaining three brands in the market of long-bore, 2-stroke low-speed diesel engines.

The series of Mitsubishi UEC-LSII engines was completed in 1998. Over 200 engines of this series are in service, mainly as main propulsion engines of the vessels for domestic and foreign operators, and their satisfactory results have been well accepted by those clients. This engine Kobe Diesel - Mitsubishi 8UEC-LSII is mechanically-hydraulic controlled, since the exhaust valve is controlled by a camshaft by means of hydraulics (oil).

Features:

- Ease of maintenance by ship personnel.
- Reliability and durability.
- Ease of changing the fuel supply, if necessary, mechanically.
- Complying with IMO NOx emission regulations.

At the moment, nothing blocks the progress and more and more electronic systems are squeezing out the hydraulic ones. But still the hydraulic system remains on ships in good supply. They are used not only in the main engine, but also in the support mechanisms. So, the day when electronics fully replace hydraulics is still awhile away from now, isn`t it?

УДК 621.65: 629.5

Ивчук А., Гончарук Е.Н.
National University "Odessa Maritime Academy"

Marine pumps

A ship consists of various types of fluids moving inside different machinery and systems for the purpose of cooling, heating, lubrication, and as fuels. These liquids are circulated by different types of pumps, which can be independently driven by ship power supply or attached to the machinery itself. All the systems on board ship

require proper operational and compatible pump and pumping system so that ship can run on its voyage smoothly.

Every pump has a piwer end which may be a steam turbine, a reciprocating engine or an electric motor and a liquid end where the liquid enters and leaves the pump/

The suction head means the pressure of the liquid entering the pump or the difference in the level of liquid with respect to the level of the pump on the suction side. The discharge head means the pressure of liquid leaving the pump or the level of liquid with respect to the level of the pump on the discharge side.

All rotary pumps work by means of rotating parts, which trap the liquid at the suction side and force it through the discharge outlet. Classification of rotary pumps is generally made according to the type of rotating elements: screw ,gear,vane,axial-plunger rotary pumps. Rotary pumps are particularly used for pumping oil and other heavy ,viscous liquids.

The selection of a type of pump for a system depends on the characteristics of the fluid to be pumped or circulated. Characteristics such as viscosity, density, surface tension and compressibility, along with characteristics of the system such as require rate of fluid, head to which the fluid is to be pumped, temperature encountered in the system, and pressure tackled by the fluid in the system, are taken into account.

Pumps can be operated through many energy sources including electricity, wind power, engines, and manual operations. Without pumping systems, all the aforementioned technologies would not be able to operate.

There are many different types of pumps on the market, this article will help you understand the differences between each pump type.

The type of pump you'll need will depend on your application, including:

- The type of liquid you wish to pump
- The distance you wish to move the liquid
- The volume you need to achieve over a specific time frame

But it can be difficult to know exactly which pump you should choose. There are so many designs and niches that identifying the pump which will meet these three needs can be confusing. To simplify things when trying to select your pump, there are two types of pump which work in very different ways and broadly encapsulate most pump designs.

Centrifugal Pumps

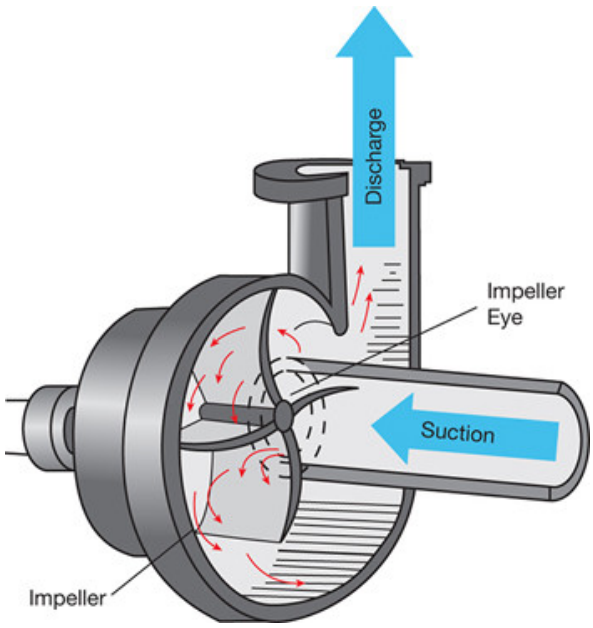
This type of pump is one of the most common in use today. Like other pump designs, it uses an impeller, which is a rotating blade to generate suction which then moves fluid through pipes. The rotating impeller creates what is known as centrifugal force, giving this pump design its name. The pump can be driven by an electric motor or engine.

Centrifugal pumps are usually used for liquids which are low in viscosity and low in solid concentration. However, there is a centrifugal slurry pump which can move liquids with a large amount of particles.

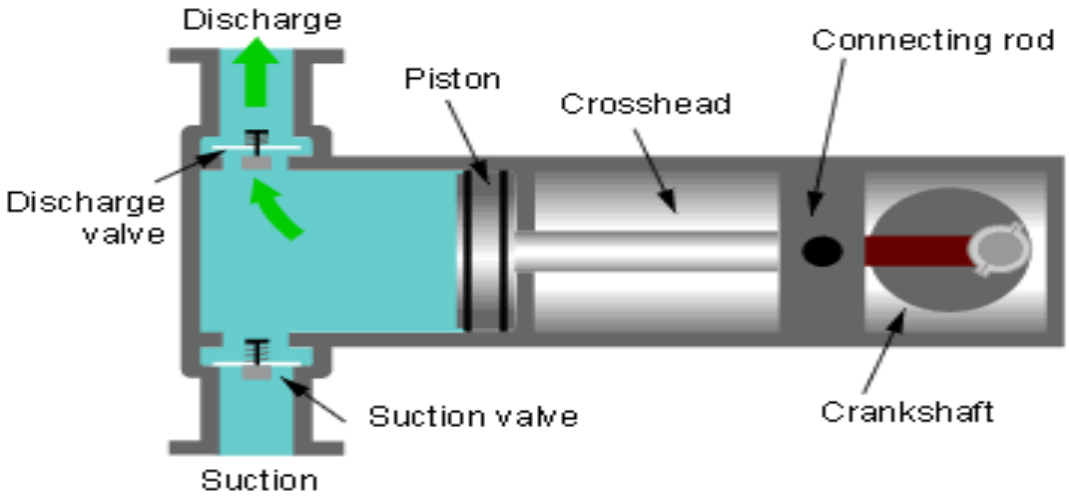
Positive Displacement Pumps

This type of pump creates an expanding cavity on the suction side of the pump and a contracting cavity on the discharge outlet. This difference creates pressure which pulls and pushes a fluid simultaneously, exerting enough force to create flow.

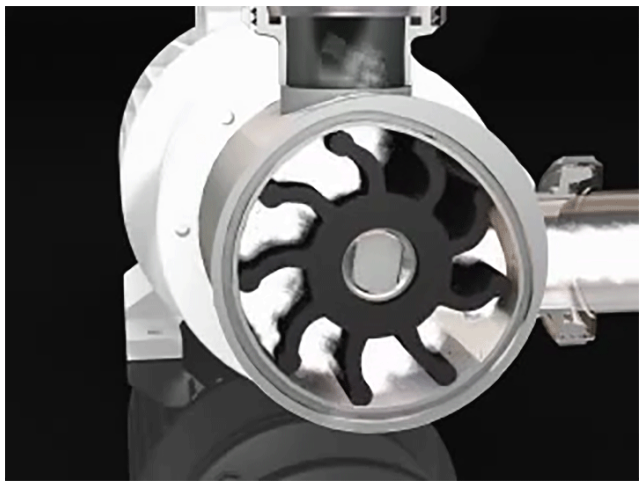
Positive displacement pumps come in two designs:

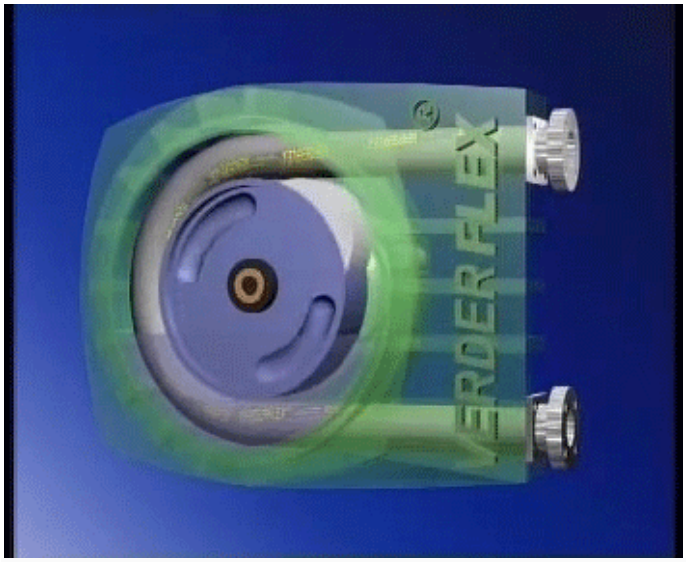


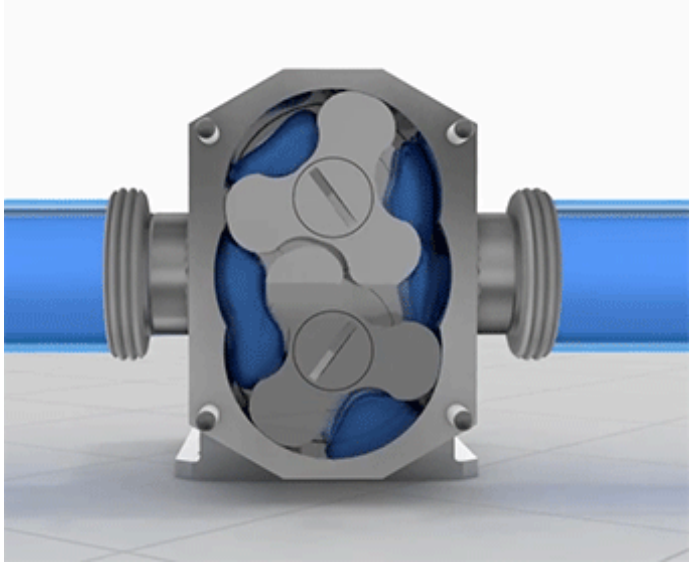
- Reciprocating: In this design, the suction is created by a piston which plunges into and pulls out of the material. Valves are used to ensure that the flow only moves in one direction. A reciprocating design therefore pulses the liquid at identical intervals



Rotary: A rotary design uses two gears which mesh together. The movement of the gears creates high pressure on the discharge side which creates flow







Due to the design, positive displacement pumps are better at handling viscous material. There are many different types of positive displacement pumps, such as:

- Rotary lobe pump
- Progressing cavity pump
- Rotary gear pump
- Piston pump

- Diaphragm pump
- Screw pump
- Gear pump
- Vane pump
- Peristaltic hose

It is always necessary to follow the operation of the pump and listen to the sounds that it makes,if you want your pump will serve you for a long time.

УДК 656.615.071.4

Вовкович С.А., Бугаенко Т.И.
National University “Odessa Maritime Academy”

Port state control

In 1982 a number of European countries agreed to established the same standards for Port State Control in the Paris Memorandum of Understanding, to eliminate sub-standard shipping by carrying out inspections in their national ports. Today there are approximately 140 Countries which carry out Port State Control surveys.

All the MOU members have the primary purpose of Port State Control to inspect ships, entering their ports, to ensure they meet international standards in 4 specific areas. They are:

- Safety
- Security
- Environment
- Living and working conditions.

The standards for each area are laid down in international maritime regulations, such as: SOLAS, STCW, ISPS, MLS, MARPOL, ISM. A failure to meet the standards will be considered as deficiency and may result in the detention of the ship.

There are three different types of inspection of the ship by Port State Control:

- Initial
- Expanded
- Concentrated inspection campaign

During an initial surveyor check certificates and documents along with the overall condition and sanitary state of the ship including:

- Bride
- Accommodation and Galley
- Decks
- Cargo holds
- Engine rooms

If during the initial inspection, surveyor finds further investigation is required ,he will carry out an expanded inspection survey. This inspection will focus on one or more areas and include human skills, for example, crew training.

Every year between September and November, each MOU member country carries out a concentrated Inspection Campaign on a specific areas of ships. In addition to the normal inspection surveyor will use a checklist prepared in the MOU.

To avoid possible future deficiencies, the effective preparation for a Port State Control inspection is essential. Preparation should start as soon as possible after ship*s crew have received notification from the company about future inspection. There are six stages of preparation:

Rectify outstanding deficiencies.

Inspect the vessel make inspection round of the vessel.

Schedule drills

Discover potential deficiencies.

Brief crew.

Report possible deficiencies to port state control.

There are a number of examples of ship's checklist:

- Bride area (Charts, Nautical publications, magnetic compass, lights, shapes, sound-signals, echo sounder, Global Maritime Distress and safety system, emergency position Indicating radio beacon, Fire detection cabinet.)
- Accommodation (Fire doors, Fire Fighting equipment, Fire control plan, signs, indications (watertight doors, fire detectors, fire dampers, ventilation) emergency lighting and batteries, sanitary facilities).
- Deck area (Decks, railing and catwalks, cargo and other hatchways, watertight doors, ventilators, air pipes and castings, winches, capstans and anchoring devices, fire dampers, quick-closing devices and means of control, Firefighting equipment and appliance, fixed firefighting installation, rescue boats).
- Working spaces (emergency fire pump, emergency generator, lighting, safe means of access).
- Engine rooms (cleanliness, retention of oil on board, jacketed piping system for high pressure fuel lines, oil filtering equipment, oily water separator), 15 ppm alarm arrangements, propulsion main engine, auxiliary engines, oil record book, fire pumps, steering gear).

Port State Control is the inspection of foreign ships in national ports to verify that the condition of the ship and its equipment comply with the requirements of international regulations and that the ship is manned and operated in compliance with these rules.

УДК 656.61.08

Мушат Д.В., Бугаенко Т.И.
National University "Odessa Maritime Academy"

Maritime disasters and casualties and their prevention

Introduction

A maritime disaster is an event which usually involves a ship or ships and can involve military action. Because of the nature of maritime travel, there is often a substantial loss of life.

Maritime disasters have greatly diminished, mainly because of improved ships and more efficient navigation systems, but probably also because of the increasing

and quasi exclusive use of commercial aviation for passenger transport, at least for international travel.

Because of this, most accidents now occur when crossing sea channels or estuaries and involve overloaded or old vessels. Moreover, ferry boats have recently been involved in important disasters because of their instability in bad weather, technical problems or navigational errors. The major ecological disasters have occurred when petrol tankers have run aground, because of the loss of containers of dangerous products or even because of the deliberate dumping of these products (waste). It is important to prevent this to the extent possible by ensuring the respect of national and international regulations through frequent and severe checks.

Some accidents

Philippine-registered passenger ferry sank after colliding with the MT *Vector* on December 20, 1987. With a possible death toll of 4,375 people, the collision resulted in the deadliest ferry disaster in history during peace time. While most of the passengers slept during the night of December 20th, the ferry collided with the *Vector*, which was carrying 8,800 barrels of gasoline. The impact caused a fire which quickly spread to the *Doña Paz*, as well as lighting the surrounding water on fire. The life jackets aboard the *Doña Paz* were reportedly locked up, forcing passengers to jump into flaming shark-infested waters in order to attempt escape.

This Senegalese government-owned ferry capsized off the coast of The Gambia on September 26, 2002, resulting in the deaths of at least 1,863 people. The sinking of the ferry Le Joola is thought to be the second-worst non-military maritime disaster in number of lives lost, after the Doña Paz.

The ferry was reportedly loaded to overcapacity, so when it ran into a storm it quickly capsized within five minutes of hitting rough weather. Of the estimated 2,000 passengers, only around 64 survived including only one woman (Mariama Diouf, who was pregnant at the time), out of the more than 600 female passengers aboard.

Intervention and rescue measures

The control of all accidents is, in the first instance, the responsibility of the commander (chief) and personnel of the affected means of transport. It is up to them to limit the resulting damage as much as possible. Passengers must obey the directives of the personnel on board (protective and rescue measures) and behave as they are instructed by the regulations on disaster situations, especially air, rail or maritime disasters.

As far as search, rescue and assistance operations are concerned, the means or system of transport involved and the area (country) where it occurs will determine who is the person in charge at the disaster site.

The principles of intervention are as follows:

- In the case of an air disaster occurring on, or in the immediate vicinity of, an airport (generally within a 5 kilometre radius), control of the incident is the responsibility of the airport authorities since control of the air traffic is the responsibility of the airport in question and the control tower is in charge of warning the security and

intervention services. They can, if need be, call upon local fire brigades and civil defence reinforcements. Generally the special disaster rescue plans (red alert, special plans for the airport) will only be activated with the agreement of the competent political authorities.

- If the incident occurs outside the area under control of the airport authorities, the political authorities of the affected area will be in charge of the deployment of local intervention teams (police, fire brigade, civil protection, health services, etc.). Control of the rescue efforts will, if necessary, be taken over by higher authorities (regional, departmental) in collaboration with experts from the aviation services and the judiciary (establishing responsibility

for the disaster, identifying victims, collection and restitution of personal belongings) and representatives of the transport company involved.

- In case of rail accidents, the alarm, reconnaissance and rescue will be controlled by the regional traffic control centre (dispatching centre) of the railways or by the nearest station.

Should the damage warrant it, the local authorities can take control of the initial intervention (first aid) by coordinating the action of the means available (police, fire brigade, civil defence, health services) in close collaboration with the specialist services of the company involved. Subsequently, the rescue plan or red alert for rail disasters can be activated by higher political authorities. Protection, research, rescue and assistance measures will depend upon the intervention tactics dictated by the accident and the means available.

- As regards road accidents, it is important to make the distinction between those occurring on motorways and those taking place on other roads, bearing in mind the special regulations that may govern certain communications routes or sensitive areas.

Operational control of interventions on roads is initially ensured by the traffic or rescue control centre of the motorway which is alerted by witnesses (using the motorway telephone network) or by a police patrol. The rescue means will be supplied by the rescue centre (traffic control) and by the neighbouring emergency services. If need be, specialists in dealing with dangerous substances (chemical or radioactive products, hydrocarbons, etc.) and the health services (helicopters, ambulances, specially trained medical personnel) can also be called upon to help. In general, a special plan drawn up as a precaution will be activated. Major accidents occurring on roads other than motorways come under the control of the political authorities of the area in which they occur; they ensure the initial intervention using the means at their disposal. In case of particularly bad accidents, namely fires or leakage of chemical substances or pollutants, a higher management level will be called upon to intervene and conduct the operations (special plans).

- Rescues in the case of maritime or river disasters follow the principles of solidarity between seafaring people and the norms of national and international maritime law.

In the event of an incident, the rescue measures on board are the responsibility of the captain of the vessel whose priority should be to save the passengers and then the crew. Moreover, maritime nations generally possess a national service for the sea

and navigable channels which is responsible for ensuring the supervision and security of national waters and coasts and also the organisation of rescue at sea.

Because of the specific conditions of navigation at sea, and on lakes and rivers, interventions should be the object, in every state concerned, of special emergency plans put into action as soon as the alert is given by a chief of operations named in advance.

In case of ecological disaster (chemical and radioactive substances, hydrocarbons), the rescue and protection measures for waterways and coasts should be implemented in close collaboration with the United Nations Department of Humanitarian Affairs (UNDHA).

УДК 629.542

Тимченко В. , Бугаєнко Т.І.
National University “Odessa Maritime Academy”

Reasons Seafarers Matter To The World

25th June has been christened as the ‘Day of the Seafarer’. While the world sits back to enjoy their Sunday, the sea trade carries on – no holidays, no rest! While it is a rather common job pursued by quite a few nowadays, the world is yet to acknowledge the extent to which each and every seafarer is entwined within their regular lives.

This year, the IMO has themed the day as ‘Seafarers Matter’ and for good reason that one might be able to grasp better as this article progresses. Established in 2010 by a Diplomatic Conference in Manila, the Seafarer’s Day aims to recognise the contribution of seafarers to the economy, trade and regular civil life. While the day is marked by social events, free Wi-Fi at ports (much needed; maybe should be an everyday thing), and open days at seafarer centres across the world, it is way more important for any person to actually understand as to why seafarers matter.

Let’s take a look at the top 5 reasons seafarers matter to the world.

1. The World Trade and Globalisation Depend on Seafarers

Shipping is an industry that contributes over 90% to the world economy. There are about 51400 merchant ships plying all over the world, transferring goods between places, keeping the economy running. Whether it is oil from the Gulf or wheat from the Cargill Grain Dock in Houston or iPhones in containers being delivered from one part of the world to another – everything is running round the clock, with precision and diligence.

Who are the people responsible for this non-stop action? While the shipbrokers and the charterers and the owners take care of the financial aspects backing the viability of the trade, the seafarers are the ones executing it in the real life aspect. The trade is only so good when the product is delivered safe and on time to the receiver, and seafarers ensure that Sundays notwithstanding! Seafarers do not understand the concept, rather cannot be allowed to understand the concept of Sundays – someone somewhere is in need of a product that must be delivered clean and on time. Nations

are fuelled by gas (gallons of crude oil carried by VLOC's and VLCC's) and to make it clearer, the shortage of oil supply because of a stalled ship can cause chaos. This involves years of rigorous training in mastering the aspects of navigation, cargo work and ship operations and the everyday precise application of it.

The figure of 90% isn't an arbitrary figure but rather a 'precise estimation' and rightfully so. Shipping still happens to be the cheapest mode of transport. Some might ignorantly argue about airplanes, trains etc. being equally important.

Yes, they are important but have you ever seen an airplane carry a few more airplanes in it?

The containers or the vast amounts of content carried by rail is also the result of a ship having gotten it in the first place. The sheer volume that can be carried onboard negates any competition whatsoever when it comes to the economical aspect of trade and transport.

Seafarers, with their theoretical knowledge of it all combined with their gradual increase in experience, make it all happen.

2. Daily Lives Of People Depends On Seafarers

The food you eat, the clothes you wear, the oil that fuels your automobile- EVERYTHING has been transferred via ships. In fact, most of the products in your vicinity now have probably been on a ship at some point! One never stops to think about what must be going behind this extent of 'globalization' wherein your phone is Chinese, your shoes are Italian and your laptop is run by a Korean processor while one sits and uses these every day without a hitch. In business there is little to no room for error- everyone will agree that if a faulty Rolls Royce is delivered to them, or if their food

The errors are the exception, the rule is that seafarers always deliver these products in their prime quality and on time and in the process save everybody a great deal of money. If not for a seafarer worth his salt, port delays and dues, claims against cargo and so on would drive up the price to a point where it would not be a viable business. Even when it comes to commodities (for example those traded on the MCX or say Brent Crude) and their prices, they are all essentially driven by shipping. The commodity market had a huge boom pre – 2008 recession, jacked up by the Chinese demand getting more ships to keep up- all delivered aptly by skilled seafarers! The boom is long gone, salaries have been hit and yet the seafarer does not stop his round the clock endeavour to do what needs to be done.

One must stop to think the level of involvement of every single seafarer out there.

3. Not Everyone Can Do This Job

As mentioned before, the training is long and academically challenging, with topics ranging from astronomy to engines to law (among many others). However, it is the mental constitution of a seafarer that really sets out the fabric for a career at sea. The need to be away from family for long periods, being without connectivity to the outside world for days at times, being at sea day in and day out, the worry about family and the ones close to the heart, immense work pressure to deliver everything as planned- it all takes a huge toll on any individual- just imagine having to do all that as part of any other regular job!

seems contaminated- they would not be too happy as consumers!

The level of commitment and mettle required for a seafarer to successfully carry out his duties calls for a lot of honour attached to it. These are sacrifices that a few can make, akin only to a soldier defending his country at the frontiers. The soldiers help us sleep peacefully at night and always keep up the optimum security of the nation, while the seafarers ensure that once a person wakes up from his sleep, every aspect from food to clothes to their car and every other need has been met as per deadlines. The extent of this is huge and often overlooked. Seafarers matter indeed!

4. Saving Lives At Sea

Instead of getting into technical jargon about SAR and IAMSAR let us for once think about all the recent news about the immigration crisis from war-ridden countries. While these helpless people take huge risks of life to escape their countries, it is the seafarers that are constantly engaged in humanitarian relief for those who cannot make it all the way! Even with the case of other vessels that might have been subject to mishap, a vessel in the vicinity will always be there to render assistance.

Even recently, the Indian Government carried out a massive evacuation of civilians from a war-torn country, lauded across the world, that involved merchant ships as well. Out at sea with no immediate ways of receiving assistance, the seafarers are the torch bearers of humanitarian relief and search and rescue operations (in liaison with aircrafts and the Government of course).

5. Unrecognised But Unfazed

The layman tends to ask the usual questions (what do you do at sea?!) and assumes that the seafarer earns a great deal of money, paid out to travel the world and live the good life. Companies are constantly reducing salaries to make their operations more and more economically viable. Regulations are getting more and more stringent with ever increasing paperwork and therefore, pressure on the Master and his crew. No one has actually stopped to think and thank the seafarers who are giving all their time and efforts to all this work! But with the strong mental constitution and mettle of pretty much every seafarer out there, the lot if unfazed, carrying out their duties, to provide for the world and to provide for their families who they have left behind for that fat salary that everyone keeps talking about! Seafarers are unsung heroes without a doubt, who do not care for much aside from their work and their sign off date! By virtue of the lack of recognition that is evident, it definitely reduces the enthusiasm but does not ever halt the work. Unrecognised yet unfazed – something the world needs to learn from the seafarers.

With the recent advancements in technology wherein ships are gradually moving towards being unmanned, it could be deemed as a small threat to the seafaring profession. While it might affect the profession in some way, the years of theoretical knowledge, practical applications, experience at sea can NEVER be replaced by a machine or a controller sitting cozy in an air conditioned office a few kilometres from home. The sea and winds do not always follow the predicted patterns and the human angle to shipping will always be invaluable. The expertise gained over the years trumps any new challenges to the profession. The seafarer is indispensable!

Rose George in her book, ‘Ninety Percent Of Everything’, lays out all that goes behind the shipping industry and all that goes with the seafarers running it. Ms.

George is shrewd on the economies of scale at work in global shipping. Her book is replete with facts that will make you slowly rub your forehead. “Shipping is so cheap that it makes more financial sense for Scottish cod to be sent 10,000 miles to China to be filleted, then sent back to Scottish shops and restaurants, than to pay Scottish filleters,” she writes.

It is indeed high time the world woke up to this immense contribution and started appreciating the unknown seafarer a little more. It is high time that companies revisited the salary structures of a seafarer. It is high time that the world realised that Seafarers Matter.

Happy Seafarers Day! Keep on keeping

УДК 629.542

Dombrovska S.A., Chekanovsky A.
Odessa National Maritime Academy

Types of Cargo Ships

A cargo ship or freighter ship is a merchant ship that carries cargo, goods, and materials from one port to another. Cargo ships are usually specially designed for the task, often being equipped with cranes and other mechanisms to load and unload, and come in all sizes. Today, they are almost always made of welded steel, and with some exceptions generally have a life expectancy of 25 to 30 years before being scrapped.

The earliest records of waterborne activity mention the carriage of items for trade; the evidence of history and archaeology shows the practice to be widespread by the beginning of the 1st millennium BC, and as early as the 14th and 15th centuries BC.

Generally, the modern ocean shipping business is divided into two classes:

1. Liner business: typically container, calling a regularly published schedule of ports.
2. Tramp-tanker business: generally this is private business arranged between the shipper and receiver and facilitated by the vessel owners or operators, who offer their vessels for hire to carry bulk.

Cargo ships/freighters can be divided into six groups, according to the type of cargo they carry. These groups include:

1. General cargo vessels
2. Container ships
3. Tankers
4. Dry bulk carriers
5. Multi-purpose vessels
6. Reefer ships

Container ships are cargo ships that carry all of their load in truck-size intermodal containers, in a technique called containerization. They are a common means of commercial intermodal freight transport and now carry most seagoing non-bulk cargo.

A tanker is a ship designed to transport or store liquids or gases in bulk. Major types of tankers include the oil tanker, the chemical tanker, and gas carrier. Tankers also carry commodities such as vegetable oils, molasses and wine.

A bulk carrier, bulker is a merchant ship specially designed to transport unpackaged bulk cargo, such as grains, coal, ore, and cement, in its cargo holds. Today, bulk carriers make up 15–17% of the world's merchant fleets and range in size from single-hold mini-bulk carriers to mammoth ore ships able to carry 400,000 metric tons of deadweight (DWT).

A multi-purpose vessel (MPV) is a seagoing ship that is built for the carriage of a wide range of cargoes. Examples of these cargoes are: wood, steel, building materials, rolls of paper and bulk cargo. Multi-purpose vessels can be divided into four categories: vessels with and without cargo gear, coastal trade liners and sea-river vessels.

A reefer ship is a refrigerated cargo ship, typically used to transport perishable commodities which require temperature-controlled transportation, such as fruit, meat, fish, vegetables, dairy products and other foods.

Cargo ships are categorized partly by cargo capacity, partly by weight (deadweight tonnage DWT), and partly by dimensions. Common categories include:

1. Dry Cargo: From small Handy size, carriers of 20,000–28,000 DWT to Chinamax, carriers of 380,000–400,000 DWT up to 24 m draft, 65 m beam and 360 m length; these dimensions are limited by port infrastructure in China
2. Wet Cargo: from Aframax, oil tankers between 75,000 and 115,000 DWT and to ULCC (Ultra Large Crude Carrier), enormous supertankers between 320,000 and 550,000 DWT. This is the largest size defined by the average freight rate assessment (AFRA) scheme to ULCC (Ultra Large Crude Carrier), enormous supertankers between 320,000 and 550,000 DWT

Due to its low cost, most large cargo vessels are powered by bunker fuel also known as Heavy Fuel Oil which contains higher sulphur levels than diesel. This is the reason of the increasing pollution: with bunker fuel consumption at 278 million tons per year in 2001, it is projected to be at 500 million tons per year in 2020. If the various requirements are enforced, the International Maritime Organization's marine fuel requirement will mean a 90% reduction in sulphur oxide emissions; whilst the European Union is planning stricter controls on emissions.

УДК 621.431.74-73

Dombrovska S.A., Stashchenko V.
Odessa National Maritime Academy

Marine Fuel Oil Separators

Separation as a means of removing impurities from fuel can be undertaken by means of gravity in a settling tank or by means of centrifuging the fuel. Both methods are based on the same principle that by subjecting the fuel to a constant force, the denser components of the fuel, for instance, water and dirt will be separated from the lighter components, for example, the fuel itself.

Gravity, acting on the fuel as it passes slowly through the tank, will separate the denser components that will accumulate at the bottom of the tank from the fuel. The contaminants can then be disposed of by removing sludge from the tank.

If an oily water mix is placed into a tank, separation of the two partsbegins with the lighter element rising to the top. The rate of separation is dependent on several factors including the difference in specific gravities and the force of gravity acting upon it.

As for mixes placed into a settling tank, there is little that can be done about the gravity but the difference in the specific gravities can be increased by heating. The explanation of this is the fact that water density changes at a smoother rate in comparison to oil.

Centrifuging is the process by which the effects of gravity can be amplified due to the use of centrifugal force to the extent that the separation process becomes rapid and continuous. Centrifuges work by rapidly spinning a bowl containing the liquid, thus producing the required centrifugal force for separation. The principle of operation of the centrifuge is simple. When a bowl containing impure fuel is rotating, centrifugal forces will push any item with the density higher than the fuel oil density to the periphery of the bowl.

One of the crucial elements of a centrifugal separator is a set of so called disks/plates. When a separation process is started and fuel is fed to the separator through the fuel distributor, centrifugal force makes this fuel move between these plates. A particle entering the plate has an aptitude to be pushed upwards by the fluid flow. The centrifugal force acting on a particle is proportional to its weight and therefore, a small particle will move farther under the influence of fluid flow.

When a centrifugal separator is arranged to remove onlyimpurities and small amount of water, it is called a clarifier. Since it is used mainly for fluid where mostly solid impurities are to be removed, a gravity disc is not used in clarifier;instead a sealing ring is used.

When a centrifugal separator is arranged for separating two liquids of different densities, e.g. water from oil, it is known as a purifier. The main component of purifier is a gravity disc of specific diameter which creates interface between the oil and water.

UDK 629.5.067=111

Vasilevskiy V., Khomyakov N., Tsynova M.V.
National University “Odessa Maritime Academy”

Survival craft

Today we will tell you about Survival Craft on board a ship.

Survival crafts are divided into two groups: Life boat and Liferafts.

Let’s look at their types and purposes.

Lifeboat is one of the most important life-saving equipment onboard a ship, which is used at the time of extreme emergencies for abandoning a ship. A lifeboat must carry all the equipment described under SOLAS and LSA codes, which are de-

signed for the survival at sea. They include rations, fresh water, first aid, compass, distress signalling equipment like rockets, etc.

There are three types of lifeboats used on merchant vessels

The first type we are looking at is an **Open Lifeboat**

As the name suggests, the open lifeboat has no roof and is normally propelled by manual power by using hand propelled ores. Compression ignition engine may also be provided for the propulsion purpose. However, open lifeboats are becoming obsolete now because of stringent safety norms, but one may find them on older ship. The open lifeboat doesn't help much in rain or bad weather and the possibility of water ingress.

The second type is **Closed lifeboat.**

Closed lifeboats are the most popular lifeboats that are used on ships, for they are enclosed which saves the crew from sea water, strong wind and rough weather. Moreover, the water tight integrity is higher in this type of lifeboat and it can also get upright on its own if toppled over by waves. Closed lifeboats are further classified as – partially enclosed and fully enclosed lifeboats.

The third type is **Free fall life boat**

A free fall lifeboat is similar to an enclosed lifeboat but the process of launching is entirely different. They are aerodynamic in nature and thus the boat can penetrate in the water without damaging the body when launched from the ship. The free fall life boat is located at the aft of the ship, which provides a maximum clear area for free fall.

And now lets look at liferafts types

Coastal Life Raft

The coastal life raft is designed for short-term emergency use. They typically cost less and take up less space than other types of life rafts. Because they are designed for short-term use, they should be used only near a coast. It would be dangerous to attempt returning to shore on a coastal life raft from far out in the ocean. For an additional cost, many coastal life rafts come equipped with canopies to shield occupants from the elements. Coastal life rafts commonly have single layer floors and four low-walled sides.

Offshore Life Raft

The offshore life raft, designed for sustaining life in very demanding climates, is equipped with two buoyancy tubes and a canopy shelter. Since they are designed for longer-term survival than coastal life rafts, they do not capsize easily. An offshore life raft will commonly have an inflatable floor with dual-wall air chambers. Some include ballast bags, which further protect the raft from capsizing. While an offshore raft is more expensive than the coastal life raft, it offers greater protection.

Ocean Life Raft

The ocean life raft offers the most protection; it was designed to help occupants survive a long period of time at sea. Ocean life rafts commonly come equipped with plenty of survival gear, canopies to protect you from the elements and ballast bags to prevent the rafts from capsizing. Ocean life rafts were designed for vessels that travel long distances across vast oceans, with double-layered floors to help keep occupants warm and safe.

УДК 621.56/59+629.5.045.23=111

Пономаренко А.А., Богомолов О.С.
Odessa National Maritime Academy

A refrigerating plant

History

The first attempt to ship refrigerated meat was made when the Northam sailed from Australia to the UK in 1876. The refrigeration machinery broke down en route and the cargo was lost. The clipper sailing ship Dunedin, owned by the New Zealand and Australian Land Company (NZALC), was refitted in 1881 with a Bell-Coleman compression refrigeration machine. This steam-powered freezer unit worked by compressing air, then releasing it into the hold of the ship. The expanding air got cooler as it expanded, cooling the cargo in the hold. Using three tons of coal a day, this steam powered machine could chill the hold to 40 °F (22 °C) below the surrounding air temperature, freezing the cargo in the temperate climate of southern New Zealand, and then maintaining it below freezing (32 °F, 0 °C) through the tropics. In February 1882, Dunedin sailed from Port Chalmers New Zealand and arrived in London after sailing 98 days with its cargo still frozen.

Carnot cycle

Unlike the Carnot heat engine, the Carnot refrigeration cycle undergoes a process with opposite direction. We see from the model, heat Q_L is absorbed from the low-temperature reservoir (T_L=constant) and heat Q_H is rejected to a high-temperature reservoir (T_H=constant). In this case a work input in the amount of W_{rev} is required to achieve this process. And we know from the 1st law of thermodynamics, the required work can be determined in W_{rev}=- $Q_H - Q_L$. Here Q_H<0 and Q_L>0.

Process 3-2: Reversible Adiabatic Compression

This process is isentropic. The engine is perfect insulated so that no heat is lost and absorbed. Gas is compressed slowly until the temperature rises from T_L to T_H.

Process 2-1: Reversible Isothermal Compression (T_H=constant)

During this process, heat is rejected. Gas is compressed reversibly at the constant temperature T_H.

Process 1-4: Reversible Adiabatic Expansion

This process is isentropic. The engine is perfect insulated so that no heat is lost and absorbed. Gas expands slowly until the temperature drops from T_H to T_L.

Process 4-3: Reversible Isothermal Expansion (T_L=constant)

During this process, heat is absorbed. Gas is compressed reversibly at the constant temperature T_H

The main components are arranged in system as following:

1. the thermostatic expansion valve (thermovalve)
2. the evaporator or cooling coil
3. the compressor
4. the condenser
5. the receiver

the thermostatic expansion valve

is designed to supply the right amount of Refrigerant(usually Freon) into the evaporator or cooling coil. A thermal control bulb is fastened to the cooling coil near the outlet. The bulb contains freon. Control tubing connects the bulb with area above the diaphragm in the thermovalve. When the temperature in the bulb rises, Freon expands and transmits pressure to the diaphragm: this causes diaphragm to move downward, thus opening the valve and allowing more refrigerant to enter the evaporator. So, the temperature near the evaporator outlet controls the operation of the thermostatic expansion valve.

the evaporator or cooling coil

the function of the evaporator is to be installed in the space that must be cooled and allow the refrigerant to pass through the coil of copper tubing. As the liquid refrigerant passes through the coil it absorbs heat flowing to the coil from the surrounding air

the compressor

The **reciprocating compressors** are one of the most widely used types of the refrigerating **compressors** in refrigeration system is used to pump heat from the cold side to the hot side of the system. The vapour drawn into the compressor is at a very low pressure and very low temperature. In the compressor, both the pressure and the temperature are raised. The compressor also serves to keep the refrigerant circulating and to maintain the required pressure difference between the high-pressure side and low pressure side of the system.

the condenser

when the refrigerant passes through the condenser it condenses, giving off its heat to the cooling seawater, which flows through the condenser tubing, while the refrigerant passes around the tubes. Circulating water is obtained from the fire main, or it is supplied by means of a separate pump taking suction from the sea. In other causes condensers can be cooled by fan.

the receiver acts as a temporary storage tank for the liquid refrigerant, which flows from the condenser. The receiver also serves as a vapour seal to prevent the entrance of vapour into the liquid line to the expansion valve.

Princeple working of a ship's refrigeration plant

The compressor acting as a circulation pump for refrigerant has two safety cut-outs- Low pressure (LP) and High Pressure (HP) cut outs. When the pressure on the suction side drops below the set valve, the control unit stops the compressor and when the pressure on the discharge side shoots up, the compressor trips.

LP or low pressure cut out is controlled automatically i.e. when the suction pressure drops, the compressor stops and when the suction pressure rises again, the control system starts the compressor. HP or high pressure cut out is provided with manual re-set.

The hot compressed liquid is passed to a receiver through a condenser to cool it down. The receiver can be used to collect the refrigerant when any major repair work has to be performed.

The master solenoid is fitted after the receiver, which is controlled by the control unit. In case of sudden stoppage of compressor, the master solenoid also closes, avoiding the flooding of evaporator with refrigerant liquid.

The room or hold solenoid and thermostatic valve regulate the flow of the refrigerant in to the room to maintain the temperature of the room. For this, the expansion valve is controlled by a diaphragm movement due to the pressure variation which is operated by the bulb sensor filled with expandable fluid fitted at the evaporator outlet.

The thermostatic expansion valve supplies the correct amount of refrigerants to evaporators where the refrigerants takes up the heat from the room and boils off into vapours resulting in temperature drop for that room.

This is how temperature is maintained in the refrigeration plant of the ship.

Conclusion

So, for today it`s difficult to imagine any merchant vessel without refrigerating system onboard, because the refrigeration plant plays a vital part in carrying refrigerated cargo and provisions for the crew on board. In reefer ships, the temperature of the perishable or temperature sensitive cargo such as food, chemical, or liquefied gas, is controlled by the refrigeration plant of the ship. The same plant or a smaller unit can be used for maintaining the temperature of different provision rooms carrying food stuffs for crew members. The refrigerating system also makes crew working routine easier by means of maintaining surrounding air condition favorable.

Матеріали науково-технічної конференції
" Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт",
21.03.2019 – 22.03.2019..

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