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
« РІЧКОВИЙ ТА МОРСЬКИЙ ФЛОТ: ЕКСПЛУАТАЦІЯ І РЕМОНТ»

22.03.2018 – 23.03.2018

Одеса – 2018

Матеріали науково-технічної конференції «Річковий та морський флот: експлуатація і ремонт», 22.03.2018 – 23.03.2018.– Одеса: НУ "ОМА", 2018. – 341 с.

Матеріали публікуються згідно з поданими авторами оригіналами.

© Національний університет "Одеська морська академія", 2018

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ 8

Колегаев М.А., Парменова Д.Г. Удосконалення освітніх програм підготовки курсантів за спеціалізацією «Експлуатація суднових енергетичних установок» за результатами моніторингу 8

ДВИГУНИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ 10

Половинка Э. М., Гарвалов Р. Я., Мазур Д. С., Рознатовский А. О. Исследование пусковых режимов судового высокооборотного двигателя. 10

Половинка Э.М., Яковенко А.Ю. Применение комбинированного измерительного преобразователя для регистрации процесса топливоподачи в судовых дизелях 14

Половинка Э.М., Слободянюк Н.В. Исследование характеристик процессов топливоподачи на переходных режимах судового дизеля 20

Заблоцкий Ю.В. Модификация рабочих поверхностей топливной аппаратуры высокого давления судовых дизелей посредством нанесения органических и неорганических покрытий 28

Кривий М.О. Особливості реології моторних мастил при забезпеченні режимів змащення пар тертя суднових мало-обертових дизелів 31

Куропятник А.А. Обеспечение требуемого уровня эмиссии оксидов азота в выпускных газах судовых дизелей 34

Мацкевич Д. В. Оптимизация периодичности замены и пополнения масла в системах смазки судовых дизелей 38

Пясковський О.В. Хімічна обробка палив, що використовуються у суднових дизелях 42

Сагин С.В. Обеспечение оптимального расхода цилиндрового масла судовых малооборотных дизелей 45

Афтанюк В.В., Афтанюк А.В.,.Бандуркин С.К. Исследование эффективности вентиляции закрытых судовых помещений 48

Бузовский В.А., Акишев А.А. Стендовые испытания судового дизеля по винтовой характеристике 53

Удолатій В.Б., Удолатій А.Є. Аналіз моделі автоматичного контролю вмісту нафти при скиданні баластних та промивних вод 60

Кирис А. В., Гарагуля Б. А. Профилирование рабочих лопаток для последних ступеней мощных судовых паровых турбин. 63

Veretennik A.M., Aboleshkin S.E., Kardashev D.L. Monitoring of the diesel's crankshaft torsional vibrations 66

Козицький С. В. Використання дилатантних речовин у рідинних демпферах крутильних коливань 69

Швець О. І. Зниження викидів твердих частинок у довкілля при зварюванні металів шляхом додавання сполук калію у захисний газ 72
Дрозд О.В., Худенко Г.О. Суднові ядерно-енергетичні установки на швидких нейтронах 74
Дулдієр О.П. Ефект перемежаємості і відновлена конценрація палива в феноменологічній моделі диффузійного турбулентного спалювання..... 79
Ольшамовський В.С., Дулдіер О.П. Визначення працездатності компресора з вмонтованим електродвигуном парокомпресійної холодильної установки. 80
Ольшамовский В.С., Дулдиер А.П. , Галян И.С. Анализ возможностей использования альтернативных холодильных агентов в судовых холодильных системах 84
Тымкив А.В. Пути совершенствования эксплуатации СЭУ 88
Харін В.М., Стукаленко О.М. Характерні відмови рульових машин при сумісній роботі насосів регульованої подачі 89
Половинка Э.М., Шерстяников К.А., Моностырский И.А., Заяц А.Н. Experimental Study of Reduction of NO_x on Diesel Combustion by Using Water Injection Systems 92
Ермошкин Н.Г., Игнатенко А.А. Опыт эксплуатации систем управления вспомогательных котлов 98
Ермошкин Н.Г., Игнатенко А.А., Лукинова В.В. Универсальный ультразвуковой течеискатель..... 103
Ермошкин Н.Г., Слободянюк Н.В. Развитие системы с котрроторными электродвигателями для привода соосных гребных винтов 107
Зленко С.О., Сапіга В.В. Методика пошуку відмови елемента в паливної системі газотурбінного двигуна 112
Подмазко О.С., Ярошенко В.М. Нетрадиційний спосіб отримання прісної води для потреб судна 117
Ярошенко В.М., Подмазко О.С. Ексергетичний аналіз газодинамічного надуву СЕУ..... 120
Малахов А.В., Гудилко Р. Г. Способы оценки влияния концентрации воды в топливе на рабочие процессы СЭУ 123
Кардаш В.П., Худенко Г.О. Підвищення довговічності допоміжних механізмів морських суден 128
Колегаев М.А., Бражник И.Д. Исследование процессов принудительной подачи инертных газов в грузовые помещения танкера..... 132

ЕКСПЛУАТАЦІЯ І РЕМОНТ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ МОРСЬКОГО ТА РІЧНОГО ФЛОТУ 138
Логішев І.В., Царьов Л.М. Оцінка енергоефективності роботи судна «Ocean Starlet» української судноплавної компанії «Каалбай Шиппінг»..... 138
Логішев І.В., Колдунов В.О. Підвищення надійності роботи суднового дизеля трібомоніторінгом циліндропоршневої групи 138
Калугін В. М. Аналіз причин відмов і пошкоджень допоміжних суднових дизелів..... 139
Довиденко Ю. М. Аналіз дослідження моніторингу робочих процесів суднової дизельної установки..... 142
Демідова Н.П. Екологічні показники роботи суднових дизелів 146
Солодовников В. Г. Обеспечение требований энергетической эффективности при подготовке судовых высоковязких топлив..... 149
Небеснов В.В. Применение трехмерных технологий в судоремонте..... 153
Чепалис И.В., Бадынюк Д.А., Козьминых Н.А. Проблемы газоподачи малооборотных двухтопливных двигателей 161
Чепалис И.В., Козьминых Н.А. Каталитическая очистка отработанных газов от оксидов азота. 165
Лалетін Є.Л. Особливості технічної експлуатації суднових систем..... 170
Григор'єва О.С. Зниження рівнів вібрацій та шуму на морських суднах, при роботі суднових установок 174
Латиш О.М. Сучасні методи отримання наноматеріалів та їх властивості 176
Богач В.М., Шебанов А.М. Підвищення ефективності експлуатації СТЗ шляхом вдосконалення процесу мащення ЦПГ..... 178
Слободянюк І. М., Новікова Л. І. Залежність розклинюючого тиску від товщини тонкої масляної плівки на поверхні чавунного поршневого кільця..... 183
Слободянюк І.М., Козак А. А., Заболотний А.В., Гнатюк Б. І. Процеси зношення та поломки поршневих кілець суднових дизелів та шляхи їх запобіганню..... 185
Журавльов Ю.І. Оцінка інтенсивності зношування підшипників ковзання деталей суднових технічних засобів (СТЗ) 188
Лебедев Б. В. Анализ технологии восстановления целостности и формы деталей СТС применением экзотермических средств 193
Мельник О.А. Іонне азотування як метод ремонту колінчастих валів 194
Соболевський Н.С., Мельник О.А. Особливості і методи зварювання чавуну 201
Пясковский Т.Ю., Мельник О.А. Методи і способи відновлення деталей суднових технічних засобів. 204

Ермошкин Н.Г., Шаров Р.А. Меры по предотвращению разрушений материалов насадок гребных винтов 210
Ермошкин Н.Г., Шаров Р.А. Особенности комплексной механизации и обработки гребных винтов 215
Ермошкин Н.Г., Бабенчук М.С. Влияние обкатки роликом на повышение изгибной прочности зубчатых колес 220
Ермошкин Н.Г., Назаренко К.В. Опыт эксплуатации валогенераторной установки с электромагнитной муфтой скольжения вспомогательных судов флота..... 224
Ермошкин Н.Г., Игатенко А.А., Попроцкий И.С. Повышение взрывопожаробезопасности суден, которые перевозят огненебезопасные жидкости за счёт использования холодильных машин 227
Мазур О.Н., Онищенко О.А. Идентификация параметров модели Номото..... 231
Лысенко В.Е., Никольский В.В. Модель клапана подачи газа с пьезоэлектрическим актуатором..... 237
Бережний К.Ю., Нікольський В.В. Інформаційна модель системи визначення реологічних характеристик суднових технічних рідин 238
ІНЖЕНЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТА ПРОФЕСІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА МОРІ 241
Колегаев М.А. Повышение эффективности при обучении ситуационными методами. 241
Даниленко Д.В. Самостоятельная работа курсантов как важнейшая составляющая организации учебного процесса..... 245
Деркач В.Г. Аналіз систем оцінки безпеки міжнародного мореплавства..... 250
Голикова В.В., Синюта Е.А. Пылевой фактор на судах и его паттерны в здоровьесберегающих компетенциях плавсостава..... 255
Мамкічев М.А. Структура й короткий аналіз Міжнародного кодексу для суден, що експлуатуються в полярних водах (Polar Code). 260
Копейка П.И., Слободянюк Н.В. Математическое моделирование элементов волновой электростанции карусельного типа..... 269
Коштаков В.Д. Общие положения и структура Сводной Конвенции МОТ о труде в морском судоходстве 2006 г. (MLC)..... 273
Розлуцький О.М. Психологічний аспект виживання під час екстремальної ситуації у морі 277
Крайнова В.И. Методы имплементации Международной конвенции о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими, 2004 года (BW Convention, 2004)..... 281

Приходько Е.А. Технологические аспекты производственных факторов риска на морском транспорте 285
Иванов О.І. Роль людського фактора в реалізації інформаційних процесів в умовах високого динамізму морського середовища 288

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ ТА ІНШОМОВНА ПІДГОТОВКА СУДНОВИХ ІНЖЕНЕРІВ 296

Корх М.В. Вивчення нарисної геометрії на етапі інформатизації інженерно-графічної освіти..... 296
Опришко М.О. Ергономічні фактори в організації робочого місця студента 298
Батынский А.И. Проверка адекватности модели интерактивного доступа к базе данных системы дистанционного обучения в морском заочном образовании..... 301
Богомолов О.С. Интерпретация метода «кейс-стади» в отечественной и зарубежной педагогике 303
Chaban S. O., Shalyov A. S. Ship sensors..... 307
Shalyov A. S. Webinar as a modern tool in distance teaching 310
Козак С.В. Обучение культуре иноязычного речевого общения студентов технического Вуза..... 312
Molodtsova V.V. Making students speak..... 315
Dyachenko R., Molodtsova V.V. Stress and ways to fight it on board ship ... 318
Nikoulina E.L. Motivation in Presenting a Report..... 319
Варгатюк С.А., Никулина Е.Л. ECO-Friendly Marine Propulsion..... 320
Савка А.О., Никулина Е.Л. Safety and Piracy 321
Липин Д.А., Никулина Е.Л. Marine Myths and Superstitions..... 322
Билозер А., Коломийченко Л.А. Safety on board ship 324
Бозбей Д., Савватеева В.Д. History of Signaling At Sea. 328
Рукас Д. О., Олейник А. А. The evolution of piracy..... 329
Блашко А., Савватеева В.Д. History of the Royal Navy..... 330
Сиромля Д С., Бугаенко Т И. Ship Terms And Definitions Even Smart People Misuse..... 332
Чуковецкий В., Грищенко С.А. Marine Pollution 333
Хмеленко Н., Коломийченко Л.А. Safety drills on board ship 334
Гнатюк Б.І., Олійник Г.О. History of Cutty Sark..... 335
Demianenko I., Oliynik A. O. Top 10 Busiest Ports in the World 337
Казаринов К., Олейник А.А. Folklore of the Sea. 339

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ

УДК 656.071.

Колегаев М.А., Парменова Д.Г.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Удосконалення освітніх програм підготовки курсантів за спеціалізацією «Експлуатація суднових енергетичних установок» за результатами моніторингу

Система вищої освіти зазнає істотні зміни, визначені законом України Про вищу освіту, прийнятим у 2014 році. Відповідно до цього закону в 2016 році припинений набір на підготовку освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліст, а також в систему вищої освіти внесені нові вимоги в частині стандартів освітньої діяльності і вищої освіти, відповідно до яких основним документом, що визначає підготовку фахівців вищим навчальним закладом, стали освітні програми, які розробляються кожним ВНЗ відповідно до Стандарту вищої освіти для цієї спеціальності. На підставі цих освітніх програм здійснюється розробка навчальних планів, робочих навчальних планів і підготовка програм навчальних дисциплін.

У Національному університеті «Одеська морська академія» були створені робочі(проектні) групи по розробці та впровадженню освітніх програм за спеціальностями та спеціалізаціями, якими були розроблені освітньо-професійні програми підготовки бакалавра та магістра. При розробці освітньої програми бакалавра було зроблено укрупнення дисциплін та підготовка на рівні бакалавра включила реалізацію вимог Міжнародної Конвенції ПДНВ 1978 року з поправками, які відносяться до підготовки не лише на рівні експлуатації, але й підготовку на рівні управління, тобто, для спеціалізації «Експлуатація суднових енергетичних установок» це відповідність вимогам стандартам компетентності, що встановлені правилами III/1 і III/2 Міжнародної Конвенції ПДНВ 1978 року з поправками.

На підставі цієї освітньої програми був розроблений новий учбовий план підготовки бакалаврів, який набув чинності з вересня 2016 року. У навчальний план магістрів істотних змін внесено не було. Також були переглянуті робочі програми навчальних дисциплін для бакалаврів, які включили підготовку суднових механіків відповідно не лише до рекомендацій модельного курсу Міжнародної морської організації 7.04, але й модельного курсу 7.02.

Проте, оскільки будь-яка система управління складається з чотирьох складових таких як Планування, Впровадження, Контроль і Доопрацювання, то після етапу Планування і Впровадження слід забезпечити Контроль ефективності роботи впровадженого процесу, в нашому випадку – навчального, з послідуючим Доопрацюванням. У статті 16 Закону про вищу освіту сказано, що Система забезпечення вищими навчальними закладами якості освітньої діяльності та якості вищої освіти (система внутрішнього забезпечення якості) передбачає здійснення певних процедур і заходів, і одним з заходів є

здійснення моніторингу та періодичне переглядання освітніх програм. Тому в період з 1 травня 2017 року по 15 лютого 2018 року робочою групою судномеханічного факультету був проведений моніторинг освітньо-професійних програм підготовки бакалавра та магістра за спеціалізацією «Експлуатація суднових енергетичних установок», в рамках якого проведено аналіз навчальних і робочих навчальних планів для 2015, 2016 та 2017 років набору, а також робочих програм навчальних дисциплін, що відповідають цим навчальним планам. Проведена перевірка змісту компетентностей і результатів навчання вимогам МК ПДНВ 1978 року з поправками і перевірка об'єму програм відповідно до модельних курсів 7.04 і 7.02, були проведені опитування академічного персоналу на предмет задоволення відповідності графіком навчального процесу цілям освітньої програми, курсантів - на предмет задоволеності змістом освіти, а так само графіком і організацією навчального процесу. Так само були проведені опитування компаній - баз практичної підготовки і працедавців на предмет задоволеності рівнем підготовленості курсантів/студентів.

Результати аналізу і опитувань дозволили зробити висновки, що навчальні плани підготовки бакалаврів, а так само робочі програми навчальних дисциплін, методичне забезпечення і підходи випускаючих кафедр щодо підготовки бакалаврів і магістрів, потребують вдосконалення і доопрацювання. Відповідно до рекомендацій робочих (проектних) груп був розроблений удосконалений навчальний план для підготовки бакалаврів, який включив до себе зміни у послідовності викладання дисциплін і зміни об'єму деяких дисциплін, були розроблені зміни для навчальних планів попередніх років набору, допрацьовуються програми дисциплін для бакалаврів і магістрів з урахуванням забезпечення досягнення компетентностей і результатів навчання, закладених в освітньо-професійних програмах. Таким чином, проведення щорічного моніторингу і доопрацювання освітніх програм, а також організації і забезпечення навчального процесу, дозволяє досягти якісної підготовки плавального составу з дотриманням усіх вимог Міжнародної морської організації та національних вимог у сфері вищої освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про вищу освіту» № 1556-VII від 01.07.2014 / Відомості Верховної Ради, 2014, № 37-38, ст.2004.
2. Міжнародна конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року, з поправками: за станом на 25 червня 2010 р./ Дата підписання: 07.07.1978. Дата набрання чинності для України: 07.04.1997.
3. Кодекс з підготовки і дипломування моряків та несення вахти, з поправками (Додаток до Міжнародної конвенції про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року): за станом на 25 червня 2010 р.
4. Положення про освітні програми та навчальні плани №2-03-9, затверджене рішенням вченої ради НУ «ОМА» 26.01.2016р. (протокол№6).

ДВИГУНИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ

УДК 621.431.74

Половинка Э. М., Гарвалов Р. Я., Мазур Д. С., Рознатовский А. О.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Исследование пусковых режимов судового высокооборотного двигателя.

1.Экспериментальное определение оптимальной цикловой подачи топлива для пусковых режимов.

Экспериментальное исследование пусковых качеств дизеля с топливным насосом высокого давления позволяющим воспроизвести различную цикловую подачу топлива от 25 мг/цикл до 110 мг/цикл позволил построить пусковую характеристику, показывающую влияние на продолжительность пуска цикловой подачи топлива и оптимальное ее значение, соответствующая минимальной продолжительности пуска.

Увеличение цикловой подачи топлива с 25 мг/цикл до 60-65 мг/цикл, т.е. в 2,4-2,6 раза, по сравнению с номинальным значением позволяет уменьшить продолжительность пуска при температуре 273 К с 22 до 3,3 с. Дальнейшее увеличение цикловой подачи топлива с 60-65 мг/цикл до 110 мг/цикл вызывает резкое возрастание времени пуска дизеля. Полученная в настоящей работе зависимость *tпус. = f(gц)* подтверждает указанное.

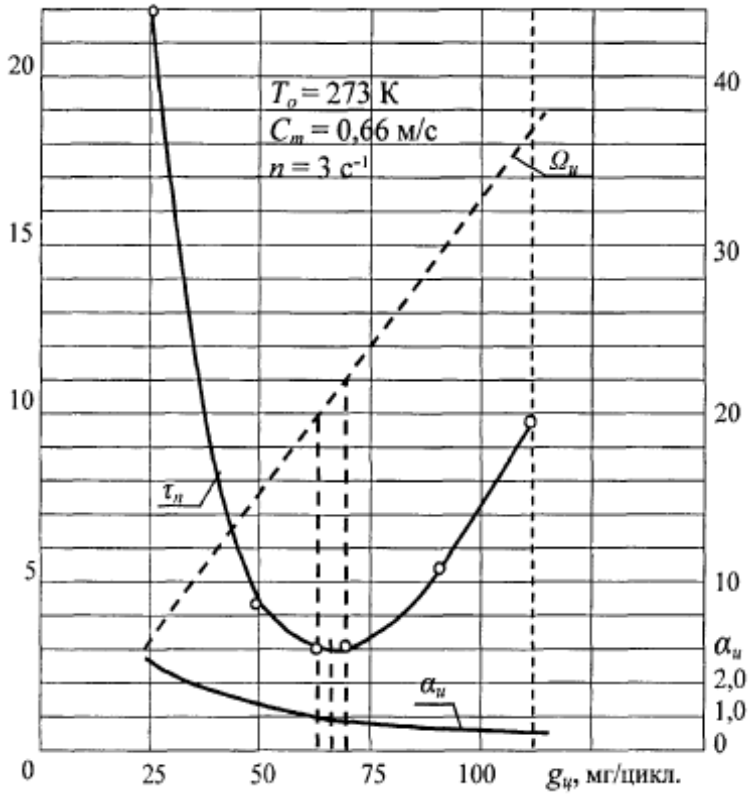


Рис. 1. Влияние цикловой подачи топлива на продолжительность пуска (tпус.), количество испарившегося топлива (Qu) и коэффициент избытка воздуха (аи).

Как при бедных (au > 1,1-2,5), так и при богатых (au < 0,9) горючих смесях вследствие ухудшения процесса сгорания и смещения его за ВМТ в условия расширяющегося объема цилиндра дизель развивает меньшую индикаторную мощность и медленнее разгоняется до режима холостого хода.

Для дизелей 4Ч8,5/11 с цилиндрической камерой сгорания в поршне и распылителем РД 3х0,3х120° оптимальным для пусковых режимов является цикловая подача топлива равная 60-65 мг/цикл.

Проведенные исследования позволяют констатировать, что специфической особенностью дизелей Ч8,5/11 и Ч9,5/11, является характер зависимости продолжительности пуска от величины цикловой подачи топлива, имеющий явно выраженный минимум, в отличие от дизелей большей размерности.

2.Исследование влияния угла опережения подачи топлива на пусковые качества.

Для выяснения возможности улучшения пусковых качеств дизелей рассматриваемого типа и установления рациональных пределов изменения угла опережения подачи топлива в режиме пуска были осуществлены его пуски на разных углах опережения подачи топлива с фиксацией продолжительности пуска, т.е. $t_{пуск.} = f(Q)$. Полученная кривая зависимости времени пуска от величины угла опережения подачи топлива имеет явно выраженный минимум. При удалении от оптимального значения угла продолжительности пуска дизеля резко возрастает. При этом увеличение угла повышает время пуска более резко, чем уменьшение. Так, при температуре 273 К наименьшая продолжительность пуска равная 9,0 с обеспечивается при угле опережения подачи топлива 17-20° ПКВ до ВМТ. Уменьшение угла с 17° до 10° т.е. на 7° увеличивает продолжительность пуска до 20 с или в 2,2 раза, а увеличение угла с 20° до 27°, т.е. на 7° повышает продолжительность пуска до 30 с или в 3,3 раза.

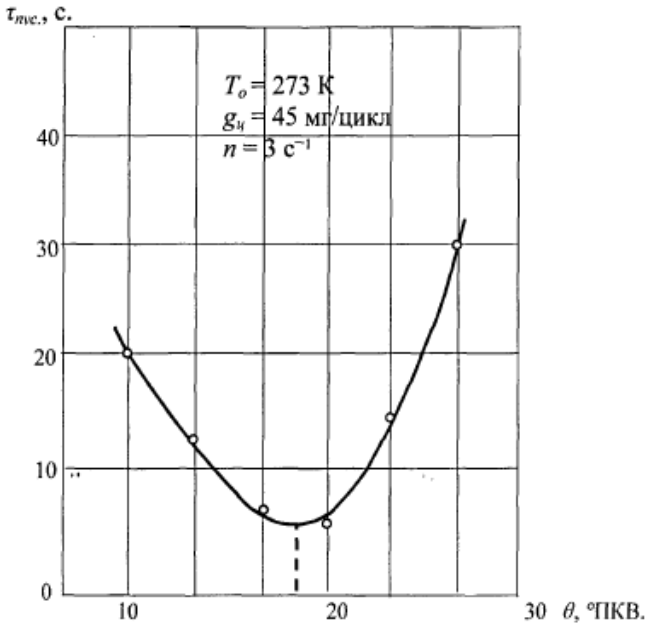


Рис. 2. Влияние угла опережения подачи топлива на продолжительность пуска.

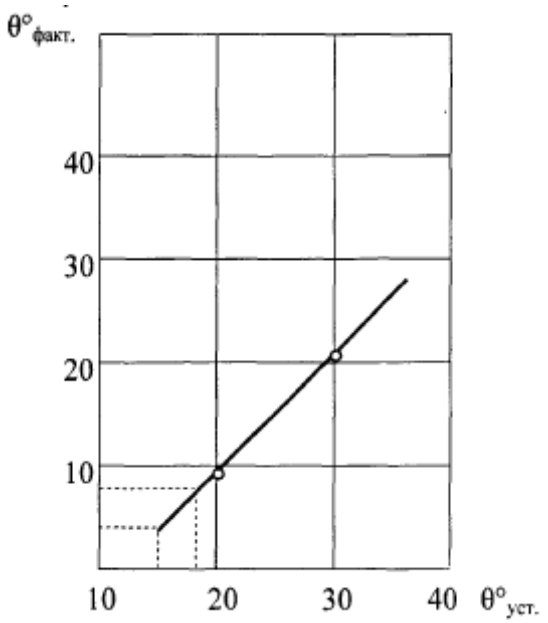


Рис. 3. Зависимость установочного угла и фактического угла по мениску.

Фактические углы опережения впрыска топлива при установочных углах 17-30° ПКВ до ВМТ в режиме пуска различаются существенно. На рисунке 3 приведена экспериментальная зависимость фактических углов опережения впрыска топлива от установочных. Как следует из рисунках 3 установочному углу 20° ПКВ соответствует фактический угол равный 10° ПКВ до ВМТ.

При отклонении установочного угла от оптимального 17-20° продолжительность пуска увеличивается, что объясняется снижением количества сжигаемого топлива и несвоевременным сгоранием его, вследствие чего отмечается снижение индикаторной мощности пусковых циклов.

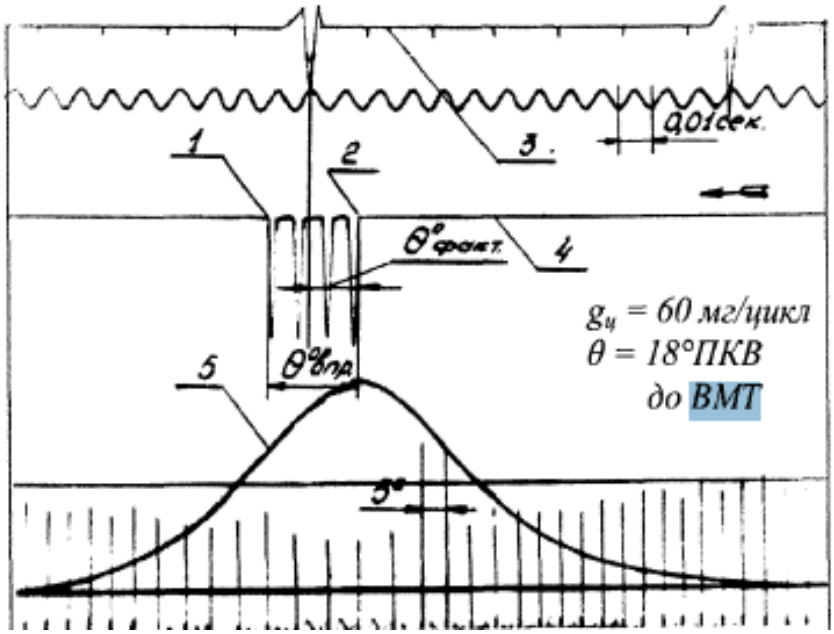


Рис. 4. Осциллограмма, снятая для определения фактического угла опережения подачи топлива.

1 - конец впрыска; 2 - начало впрыска; 3 - отметки ВМТ и НМТ; 4 - нулевая линия давления датчика подъема иглы форсунки; 5 - давление в камере сгорания.

Угол опережения подачи топлива существенно влияет на продолжительность периода задержки воспламенения.

С учетом последнего целесообразно установить среднеарифметические их значения 16 и 18,5, на их основании рекомендовать для исследуемого дизеля с цилиндрической камерой в поршне компромиссный угол опережения впрыска топлива равный Qуст. = 16-18,5° ПКВ до ВМТ, которому в режиме пуска соответствует фактический угол равный Qфакт. = 6-8° ПКВ до ВМТ.

3.Исследование влияния подогрева воздуха во впускном трубопроводе на пусковые качества дизеля.

В работе были использованы электроспирали мощностью 400 и 800 Вт.

Результаты пусковых испытаний и исследований температур в конце такта сжатия *Тс* при установке на дизель 4Ч8,5/11 спиралей мощностью 400 и 800 Вт и температуре окружающей среды 258 К показан на рисунке 5. Анализ данных приведенных на рисунке 5 показывает, что при температуре окружающей среды 258 К температура в камере сгорания в конце такта сжатия в режиме пуска не превышает 600-605 К (кривая 3 на рисунке 15), что на 15-20° меньше минимальной температуры, при которой еще обеспечивается самовоспламенение топлива в камере сгорания и пуск дизеля.

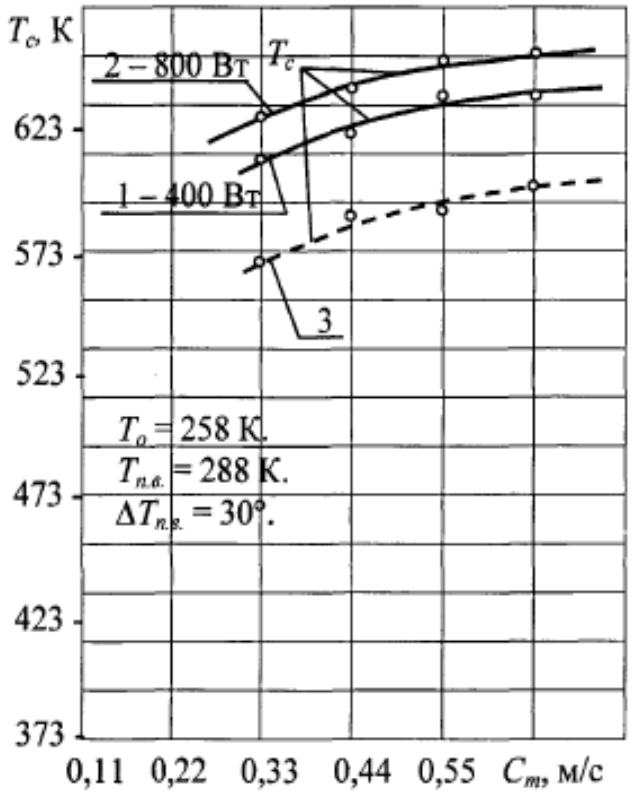


Рис. 5. Изменение *Тс* в зависимости от *Ст* при использовании электроспирали.

Использование электроспирали мощностью 400 Вт позволяет увеличить температуру воздуха на впуске на 25°, а электроспирали мощностью 800 Вт на 35°. В среднем температура воздуха на впуске увеличивается на дельтаТп.в. = 30°, что позволяет увеличить температуру в камере сгорания в конце такта сжатия до 623-653 К. При этом, как показали опыты, увеличение

температуры воздуха на впуске на 1° позволяет повысить температуру в конце такта сжатия на 1,33-1,75°.

В результате увеличения *Тс* до 623 К и 658 К соответственно, путем использования электроспиралей мощностью 400 Вт и 800 Вт, пуск дизеля при температуре 258 К был обеспечен при средней скорости поршня 0,44 м/с и 0,33 м/с соответственно.

Выводы.

1. Экспериментальные исследования позволили подтвердить в полной мере

результаты теоретических исследований особенностей испарения топлива

в режиме пуска дизеля и на этой основе определить оптимальную для пусковых режимов цикловую подачу топлива, соответствующая явно выраженному минимуму на пусковой характеристике *tпус. =f(gц)*.

2. Для дизелей Ч8,5/11 и Ч9,5/11с цилиндрической камерой в поршне и осевым воздушным вихрем на впуске оптимальная для пусковых режимов

цикловая подача топлива существенно больше (в 2,4-2,6 раз) цикловой подачи топлива на режиме номинальной мощности и составляет

60-65 мг/цикл.

3. На пусковые качества малоразмерного дизеля оказывают определяющее

влияние угол опережения впрыска топлива.

4. Наиболее подходящими для облегчения пуска исследуемого дизеля вспомогательными средствами являются маловязкое моторное масло и электрические спирали подогрева впускного воздуха, которые позволяют снизить температуру пуска при необходимости до 258 К.

УДК 621.431.74

Половинка Э.М., Яковенко А.Ю.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Применение комбинированного измерительного преобразователя для регистрации процесса топливоподачи в судовых дизелях

В докладе представлены результаты исследований по совершенствованию эксплуатации судовых дизелей, выполненных на кафедре Судовых энергетических установок НУ «ОМА». Одним из направлений в решении этой задачи является разработка новых средств контроля и диагностики рабочих процессов дизелей.

Перспективным подходом в области развития измерительных средств может быть использование комбинированных измерительных преобразователей на базе конструктивных элементов двигателей.

Идея использования в качестве первичных преобразователей конструктивных элементов топливной аппаратуры призвана обеспечить оптимальную реализацию методов контроля процессов топливоподачи.

В результате анализа конструкции топливного насоса высокого давления (ТНВД) судового среднеоборотного дизеля и его привода в качестве детали, пригодной для использования в роли первичного преобразователя (датчика) давления, признана шпилька крепления привода и ТНВД к полке распределительного вала. Была выполнена предварительная проработка комплектации измерительной системы с комбинированным датчиком на базе шпильки («шпильки-датчика» - «Ш-Д»), представленная на рис. 1. Там же приведен монтаж «Ш-Д» на ТНВД, установленном на безмоторном стенде.

а *б*

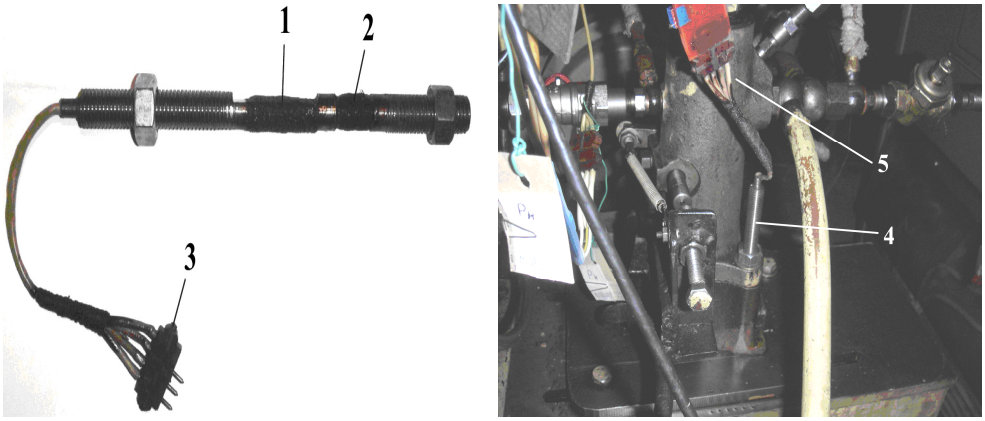


Рис. 1. Комбинированный датчик (*а*) давления топлива Ш-Д и его расположение (*б*) на ТНВД безмоторного стенда: 1 - активные датчики, 2 - компенсационные датчики, 3 - электрический разъем, 4 - датчик-шпилька, 5 - ТНВД

Для визуального сравнительного анализа качества регистрации давления топлива проведено сопоставление записи давления базовым датчиком в штуцере ТНВД $p_н$ и датчиком «Ш-Д» $p_ш$. На рис. 2 представлены осциллограммы с номинальной и минимальной частотой вращения распределительного вала $n_р$ при постоянном положении топливной рейки m.

На номинальной частоте вращения (рис. 2а) наблюдался стабильный режим топливоподачи. При этом отмечена реакция датчика «Ш-Д» на появление дополнительной нагрузки в начале движения плунжера ТНВД. Этому отрезку на осциллограмме соответствует незначительный подъём кривой. Быстрый рост давления фиксируется обоими датчиками синхронно.

а *б*

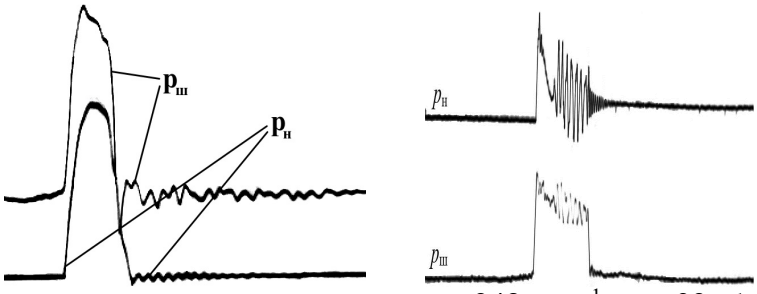


Рис. 2 . Осциллограмма топливоподачи: *а* - при $n_р = 248$ мин$^{-1}$, $m = 32$; *б* - при $n_р = 33$ мин$^{-1}$, $m = 32$

Таким образом, существенных отличий в записи процесса топливоподачи на режимах стабильного впрыскивания обоими типами датчиков не наблюдается.

Что касается дробной работы системы впрыскивания (рис. 2,б), то различие в кривых более существенно. Естественно полагать, что система, элементом которой является датчик «Ш-Д», оказывает демпфирующее действие, сглаживая реакцию на изменение давления топлива. При этом, однако, частота процесса сохраняется. Форма линий $p_н$ и $p_ш$ отличается существенно.

При анализе условий работы датчика«Ш-Д» логично предположить, что комбинированный датчик воспринимает деформацию корпусных деталей стенда. Для проверки данного положения обоими датчиками записана вибрация стенда (рис. 3) после ударного нагружения плиты, на которой смонтированы подшипники распределительного вала. Приложенная нагрузка значительно превышает динамическую составляющую рабочих усилий.

Эта осциллограмма (см. рис. 3) подтверждает предварительную оценку метрологических особенностей датчика «Ш-Д». Действительно, если линия $p_н$ никак не отражает колебания стенда после удара, то на кривой $p_ш$ записана интенсивная затухающая вибрация. Следовательно, датчик «Ш-Д» реагирует на деформацию деталей стенда. В то же время, для оценки влияния этого факта на конечный результат записи необходим более подробный анализ соотношения «сигнал-шум» при рабочих параметрах. Такой анализ проведен далее.

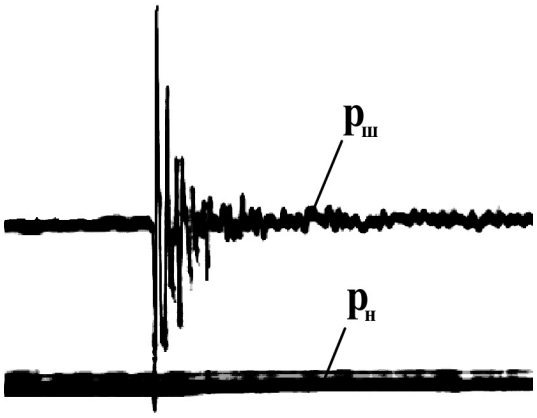


Рис. 3. Осциллограмма вибрации стенда

Таким образом, на режимах стабильного впрыскивания датчик давления и датчик деформаций имеют близкие метрологические характеристики. При дробном впрыскивании топлива запись с помощью датчика «Ш-Д» существенно отличается от процесса, фиксируемого в ТНВД, из-за демпфирующего действия деталей, связанных с передачей усилий от давления топлива на шпильку.

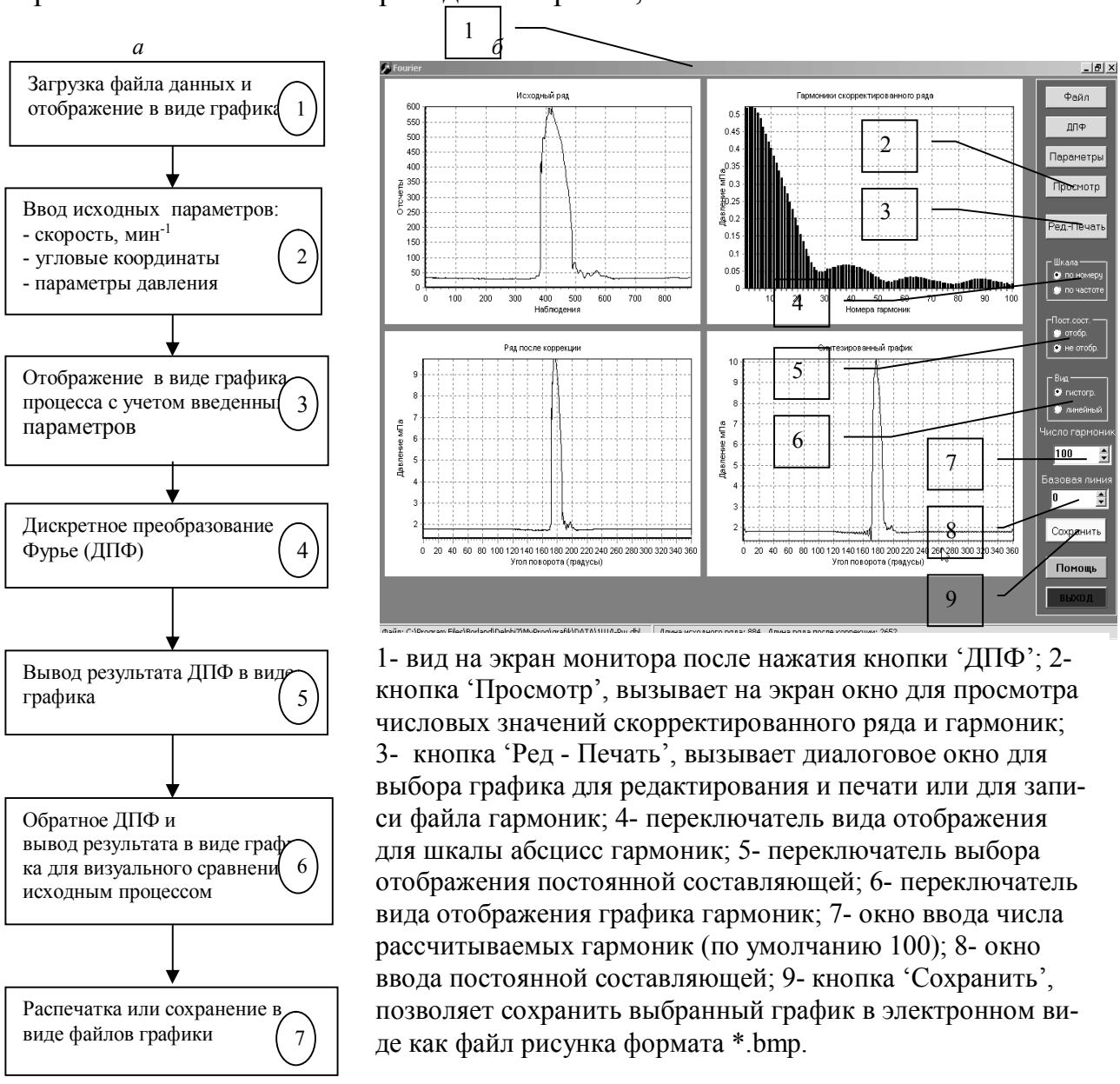
В качестве дополнительного результата можно рассматривать использование датчика «Ш-Д» для записи вибрации двигателя в месте установки комбинированного датчика при отключении топливоподачи либо в периоды между впрыскиванием топлива.

Более детальное исследование метрологических характеристик измерительной системы на базе датчика «Ш-Д» потребовало создания программного комплекса, обеспечивающего амплитудно-частотный анализ данных измерений.

С целью проведения такого анализа для рассматриваемой системы подготовлена методика, разработаны алгоритм и программа гармонического

анализа по методу Фурье. Значительное внимание уделено созданию интерфейса с пакетом, обеспечивающего оптимальный режим его использования.

Программой производится дискретное преобразование Фурье с выводом результата в виде графика амплитуд спектральных составляющих на экран, а затем обратное преобразование Фурье также с выводом графика функции на экран. Блок-схема пакета приведена на рис. 4,*а*.



1- вид на экран монитора после нажатия кнопки ‘ДПФ’; 2- кнопка ‘Просмотр’, вызывает на экран окно для просмотра числовых значений скорректированного ряда и гармоник; 3- кнопка ‘Ред - Печать’, вызывает диалоговое окно для выбора графика для редактирования и печати или для записи файла гармоник; 4- переключатель вида отображения для шкалы абсцисс гармоник; 5- переключатель выбора отображения постоянной составляющей; 6- переключатель вида отображения графика гармоник; 7- окно ввода числа рассчитываемых гармоник (по умолчанию 100); 8- окно ввода постоянной составляющей; 9- кнопка ‘Сохранить’, позволяет сохранить выбранный график в электронном виде как файл рисунка формата *.bmp.

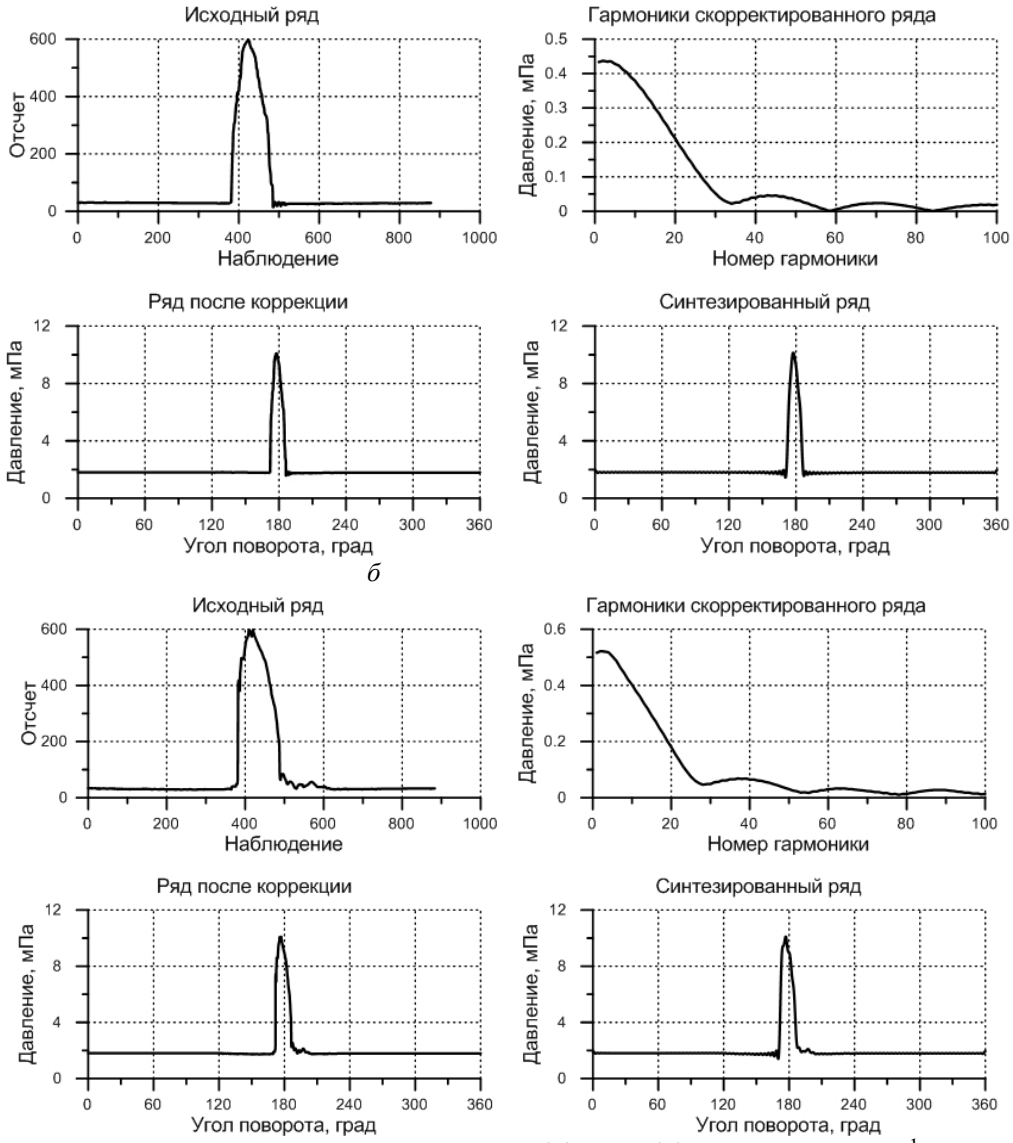
Рис.4. Блок-схема (*а*) программы гармонического анализа и графический интерфейс (*б*) метрологических характеристик системы на базе датчика «Ш-Д»

Программа позволяет оперативно менять число вычисляемых гармоник, вид графика отображения спектра, представление спектра в виде зависимости от частоты либо по номерам гармоник, отображать или нет постоянную составляющую, а также выводить на печать или сохранять в виде электронной копии (рисунок формата BMP) с возможностью редактирования любого графика.

Графический интерфейс с обработанными данными метрологических характеристик системы на базе «Ш-Д» показан на рис. 4, б.

Графическое представление данных гармонического анализа, выполненного с использованием описанных выше средств, показано на рис. 5 и 6.

а



б

Рис.5. Гармонический анализ записи $p_н$ (*а*) и $p_ш$ (*б*) при n = 46 мин$^{-1}$, m=27

Из них рис. 5 содержит информацию по режиму с частотой вращения распределительного вала n = 46 мин$^{-1}$ и положением рейки m = 27. Запись давления топлива проведена синхронно двумя датчиками: обычным $p_н$ (рис. 5,*а*) и комбинированным на базе шпильки крепления ТНВД $p_ш$ (рис. 5,*б*). Графики гармоник представлены в форме огибающей дискретного ряда. Этот подход определен необходимостью дополнительного построения совмещенных характеристик.

Амплитудно-частотные параметры в записи $p_н$ (рис. 5,*а*) и $p_ш$ (рис. 5,*б*) имеют некоторые различия. Низкочастотная полоса у $p_ш$ ограничена минимумом номеров гармоник, соответствующих порядку 28, а $p_н$ - 34.

а

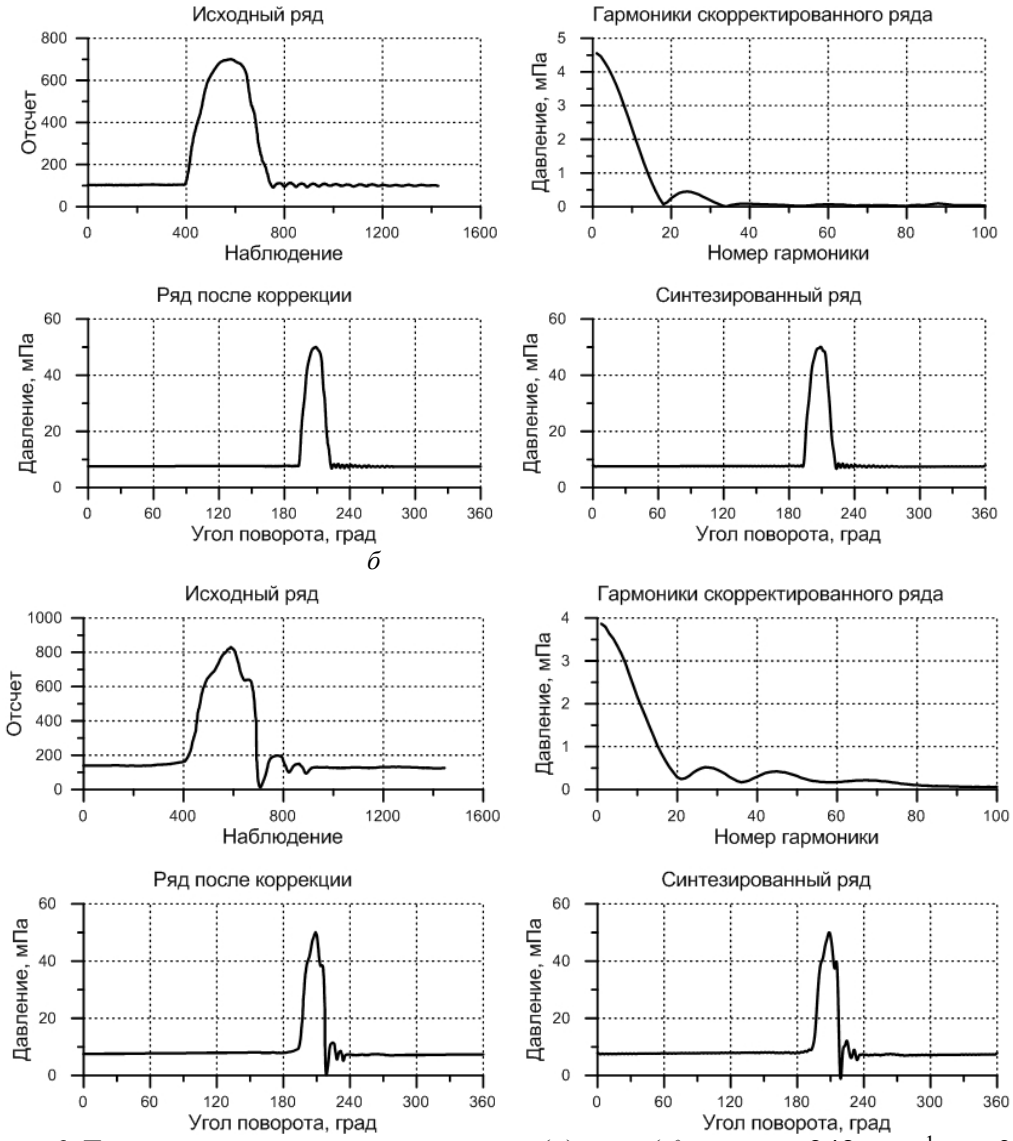


Рис. 6. Гармонический анализ записи $p_н$ (*а*) и $p_ш$ (*б*) при n = 248 мин$^{-1}$, m=32

Графики на рис. 6 соответствуют номинальной частоте вращения n = 248 мин$^{-1}$. Более плавный характер исходной кривой $p_н$ отражается и на амплитудно-частотной характеристике этой записи. Область действующих гармоник ограничена 34 порядком, в то время как для $p_ш$ соответствующий диапазон гораздо шире – до 80 порядка. Естественно при этом, что максимум амплитуд выше у $p_н$.

Разработанные программные средства гармонического анализа позволили провести сравнение частотных характеристик в графической форме. Такое представление информации приведено на рис. 7.

Рассматриваются режимы: минимальной частоты вращения n = 33 мин$^{-1}$ и номинальной частоты n = 248 мин$^{-1}$.

На каждом графике показаны три кривые. Две относятся к огибающим амплитуд частот для различных датчиков ($p_н$ и $p_ш$), а третья соответствует их разности – ($p_н$-$p_ш$). Наиболее существенным является различие в параметрах на частоте вращения n = 33 мин$^{-1}$. Максимальное расхождение относится к 2

Гц, что соотвествует гармонике четвертого порядка. Начиная с частоты f = 10 Гц, амплитудные значения гармоник обоих

а *б*

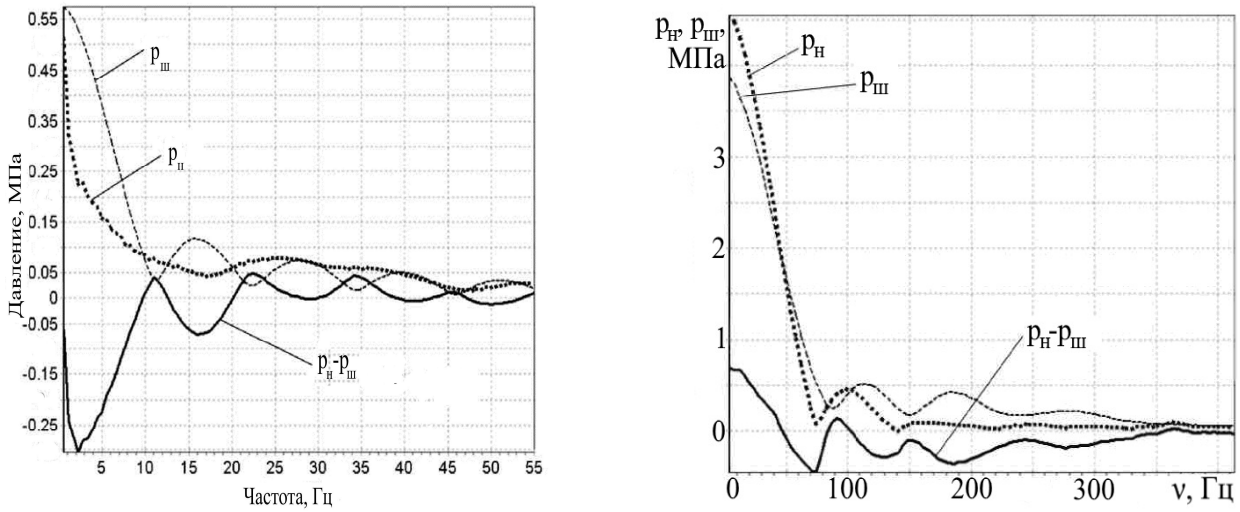


Рис. 7 . Сравнение частотных характеристик $p_н$ и $p_ш$: *а* - при n = 33 мин$^{-1}$; *б* - при n = 248 мин$^{-1}$ датчиков отличаются незначительно.

С повышением частоты вращения частотные параметры датчиков сближаются и значительного различия нет. Что касается частотного диапазона рассматриваемых гармоник, то он расширяется с ростом частоты вращения.

Качественно эта тенденция справедлива и на номинальном режиме n = 248 мин$^{-1}$. Кривые $p_н$ и $p_ш$ отличаются незначительно, изменяется лишь знак разности. Диапазон существенных частот продолжает расширяться и составляет 70 Гц.

Таким образом, разработанная и реализованная в опытном образце система регистрации процесса впрыскивания на базе комбинированного преобразователя обеспечивает непрерывный контроль работы топливной аппаратуры и создаёт возможность постоянного автоматизированного анализа её состояния. Детальное исследование показало, что метрологические характеристики системы на основных эксплуатационных режимах равноценны традиционным устройствам с прямым измерением давления. Последние, однако, не находят широкого применения в эксплуатации.

УДК 621.431.74

Половинка Э.М., Слободянюк Н.В.
Национальный университет “Одесская морская академия”

Исследование характеристик процессов топливоподачи на переходных режимах судового дизеля

Как показал анализ, представленный в публикациях авторов [1, с. 141] [2, с. 735], судовой двигатель под воздействием внешних факторов и команд управления является объектом, на который непрерывно воздействуют пере-

менные нагрузки. Под их влиянием технико-эксплуатационные показатели двигателя могут превышать установленные границы эксплуатационных режимов работы без перегрузки.

На переменных режимах и на пусковом режиме величина остаточного давления меняется, соответственно меняются начальные условия топливоподачи.

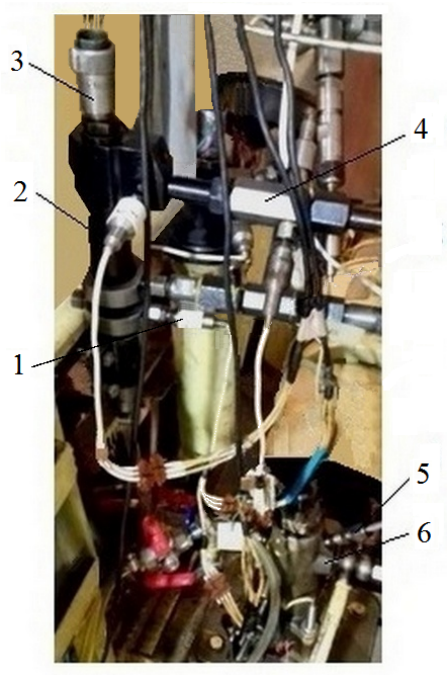
Актуальной задачей в научной и практической области совершенствования рабочих процессов дизелей продолжают оставаться детальное исследование влияния недостаточно изученных факторов, влияющих на процесс подачи топлива в условиях переменных режимов.

Детальное исследование динамики изменения параметров топливоподачи в условиях переменной частоты вращения является важным аспектом, характеризующим работу топливной аппаратуры (ТА) на неустановившихся режимах. Такое исследование наиболее эффективно проводить в условиях автономной работы ТА, что возможно выполнить на безмоторном стенде. Эта задача решена в данной публикации.

Представлене (публикуемые) данные содержат результаты экспериментального исследования динамики топливоподачи судового среднеоборотного дизеля при различных начальных условиях. Представлены режимы пуска (разгона) системы впрыскивания.

Экспериментальное исследование проведено на ТА судового среднеоборотного дизеля 6ЧН 25/34. Комплект топливной системы высоко давления имеет следующий состав: форсунка закрытого типа с распылителем 9х0,35 мм; золотниковый топливный насос высокого давления, диаметр и ход плунжера которого составляли 16 мм; топливный трубопровод высокого давления длиной 0,9 м с диаметрами 9 мм и 3 мм (наружный и внутренний соответственно).

Размещение элементов системы топливоподачи и датчиков на стенде показано на рис.1.



Современные условия проведения исследований предъявляют высокие требования к измерительной технике. На кафедре Судовых энергетических установок НУ“ОМА” была разработана тензометрическая станция, датчики которой фиксировали характеристики процессов происходящих в топливной системе исследуемой на безмоторном стенде.

Тензостанция включает следующие элементы:

Рис.1. Безмоторный стенда с топливной аппаратурой дизеля 6ЧН 25/34 и датчиками: 1 – датчик давления в канале форсунки $p_{ф.к}$; 2 – форсунка; 3 – датчик хода иглы форсунки z; 4 – датчик давление на входе в форсунку $p_{ф.вх}$; 5 – датчик давления в насосе $p_н$; 6 – ТНВД

− персональный компьютер (ПК);

− измерительная установка типа LTR-U-1, состоящая из измерительного модуля типа LTR-11 многоканального аналогового цифрового преобразователя (АЦП) и крейта (LTR-U-1-4), обеспечивающий аппаратное взаимодействие установки с ПК по стандартному интерфейсу USB;

− блок усилителей и коммутации; − пакет программного обеспечения.

Основные характеристики модуля АЦП приведены в таблице 1

Таблица 1. Технические характеристики АЦП

Количество каналов	16 дифференциальных или 32 с “общей землей”
Разрядность АЦП	14 бит
Поддиапазоны измерения входного сигнала	±10 В, ±2,5 В, ±0,6 В, ±0,15 В
Максимальная частота дискретизации	400 кГц (суммарная для всех опрашиваемых каналов)
Входное сопротивление при одноканальном вводе, не менее	10 МОм во включенном состоянии 1 кОм в выключенном состоянии
Предельно допустимые напряжения на аналоговых входах (защита входов)	±27 В во включенном состоянии ±16 В в выключенном состоянии

Функциональная схема тензостанции показана на рис. 2

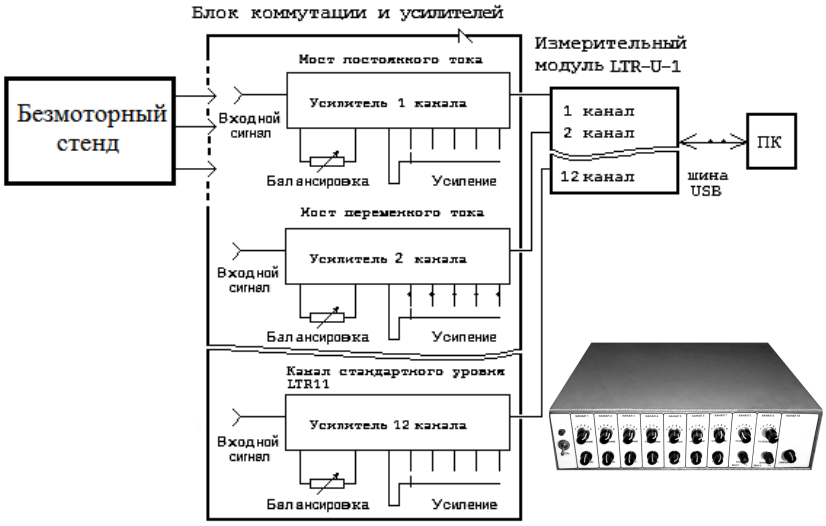


Рис.2. Функциональная схем тензостанции

Тензостанция обеспечивает подключение входных сигналов к измерительному модулю по 12 каналам. Назначение каналов:

1 – 7 каналы предназначены для работы с тензодатчиками, включенными по схеме моста постоянного тока;

8, 9 каналы предназначены для работы с индуктивными датчиками, т.е. с мостом переменного тока;

10 специальный канал для фотодатчика;

11 специальный канал для бесконтактного торцевого датчика типа БТП;

12 дополнительный канал общего назначения, подключаемый через защитный фильтр непосредственно ко входу одного канала АЦП. Требования к сигналам, подаваемым на эту линию, определены в спецификации на модуль LTR-11.

Тензостанция обеспечивает визуальное наблюдение на экране дисплея и фиксацию (запись) на ПК исследуемых гидродинамических процессов в системе впрыскивания рис.3.

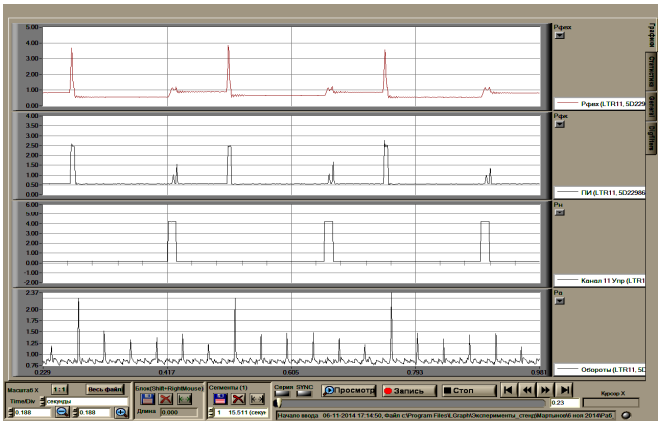


Рис.3. Рабочий экран для четырех процессов

В ходе исследования регистрировались следующие параметры:

− давление топлива в штуцере топливного насоса $p_н$;

− давление топлива в штуцере форсунки $p_{ф.вх}$;

− давление в топливном канале форсунки $p_{ф.к}$;

− ход иглы распылителя z;

– определялась частота вращения распределительного вала $n_р$;

− фиксировался угол поворота распределительного вала φ;

− измерялось время t.

Выход рейки ТНВД в эксперименте составлял 15 мм, затяжка иглы форсунки 70 бар.

Ранее [1, с. 142], [2, с. 736] были проведены опыты с двумя вариантами начальных условий. Эти результаты используются далее для сравнения с параметрами, установленными в исследовании системы впрыскивания с закрытой форсункой.

В ходе опытов выполнены два пуска. Первый пуск - система высокого давления разгружена, начальное давление равно нулю. Второй пуск выполнен непосредственно после остановки стенда, с начальным давлением в топливной системе. При этом для обоих пусков предварительно запускался насос, обеспечивавший давление подкачки равное 5 бар.

Ранее в эксперименте без запуска подкачивающего насоса топливо подавалось из расходной ёмкости самотеком со статическим давлением на входе в ТНВД 0,05 бар.

Тахограммы двух указанных выше пусков (с подкачкой) и различными величинами начального давления представлены на рис.4 кривыми 3 и 4. Аналогичные тахограммы полученные в работе [2, с. 737] (без подкачки) соответствуют кривым 1 и 2. На каждой тахограмме показаны точки первого впрыскивания.

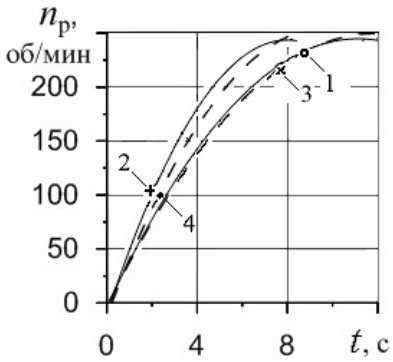


Рис.4. Тахограммы разгона в функции от времени $n_р = f(t)$: 1, 3 – топливная система разгружена; 2, 4 – топливная система с остаточным давлением; (—) топливная система без

подкачки; (- - -) топливная система с подкачкой; (•, x, +, ○) точки на кривых – первое впрыскивание на соответствующем режиме

Взаимное положение кривых на рис.4 соответствует наиболее интенсивному разгону системы с остаточным давлением (кривая 2) без подкачки. Положение опытных точек свидетельствует о существенной разнице в условиях первого впрыскивания. Действительно, при наличии остаточного давления (кривые 2, 4) начало впрыскивания наблюдается при частоте вращения вдвое меньшей, чем в разгруженной системе (кривые 1, 3).

Несколько другие выводы следуют при анализе зависимости частоты вращения в функции от суммарного угла поворота с момента начала вращения распределительного вала $\varphi = f(n_р)$ (рис.5).

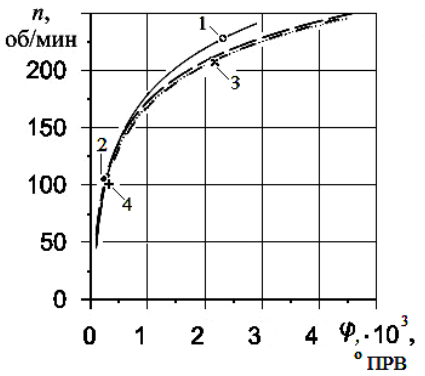


Рис.5. Тахограммы разгона в функции от угла поворота (обозначения кривых на рис.4)

В этом случае при одинаковых значениях угла поворота наибольшая частота вращения достигается в разгруженной системе без подкачки. Очевидно, сопротивление, создаваемое ТНВД, в этом случае минимально, что соответствует указанному соотношению. В качестве иллюстрации данного факта можно указать различие в частоте вращения на участке φ (2 – 3) 10^3 °ПРВ, составившее 10 об/мин (рис.5 точки на кривых 1, 3).

Что касается первых впрыскиваний, то основным параметром, определяющим их характеристики, является начальное давление. В разгруженной топливной системе первые впрыскивания наблюдаются при $\varphi = 2{,}76 \cdot 10^3$ °ПРВ, $n_р = 229$ об/мин, что составляет 7,6 оборотов кулачкового вала (рис.5 кривая 1). С подкачкой (рис.5 кривая 3) $\varphi = 2{,}52 \cdot 10^3$ °ПРВ, $n_р = 219$ об/мин, что составляет *7,0* оборотов кулачкового вала.

В топливной системе с остаточным давлением без подкачки и с подкачкой условия первых впрыскиваний близки: φ = 360 °ПРВ, $n_р$ = 102 - 100 об/мин, что составляет 1,0 обороту кулачкового вала (рис.5 кривые 2, 4).

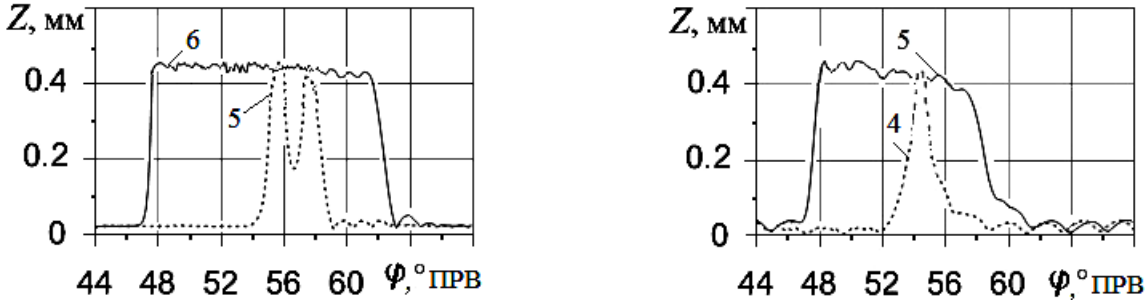
Следовательно, величина давления топлива на входе в ТНВД для исследованного диапазона 0,05 ÷ 5 бар не оказывает существенного влияния на развитие процесса впрыскивания при разгоне.

Численные значения параметров топливоподачи для различных начальных условий представлены в таблице 2. Рассмотрим особенности процессов впрыскивания при различных условиях в процессе разгона.

Осциллограммы перемещения иглы форсунки *z* при ступенчатом впрыскивании разгруженной топливной системы без подкачки и с подкачкой представлены на рис.6. Этим режимам, как указывалось выше, соответствуют $n_р$ равное 221 – 229 об/мин (рис.6а) и 212 – 219 об/мин (рис.6б).

Таблица 2. Фазы впрыскивания на режиме разгона

Фаза впрыскивания на режиме разгона	Топливная система					
	разгружена			с остаточным давлением		
	№ циклов	$n_р$, об/мин	$\varphi \cdot 10^3$, °ПРВ	№ циклов	$n_р$, об/мин	$\varphi \cdot 10^3$, °ПРВ
1 серия экспериментов: топливная система без подкачки	–	–	–	–	–	–
Циклы на участке разгона, при которых условия впрыскивания не сформировались	1-4	173-213	0,96-2,04	–	–	–
Ступенчатое впрыскивание	5	221	2,40	–	–	–
Первое стабильное впрыскивание	6	229	2,76	1	102	0,36
Последний цикл впрыскивания на участке разгона	26	243	–	20	243	–
2 серия экспериментов: топливная система с подкачкой	–	–	–	–	–	–
Циклы на участке разгона, при которых условия впрыскивания не сформировались	1-3	168-202	1,08-1,80	–	–	–
Ступенчатое впрыскивание	4	212	2,16	–	–	–
Первое стабильное впрыскивание	5	219	2,52	1	100	0,36
Последний цикл впрыскивания на участке разгона	23	245	–	18	245	–



а б

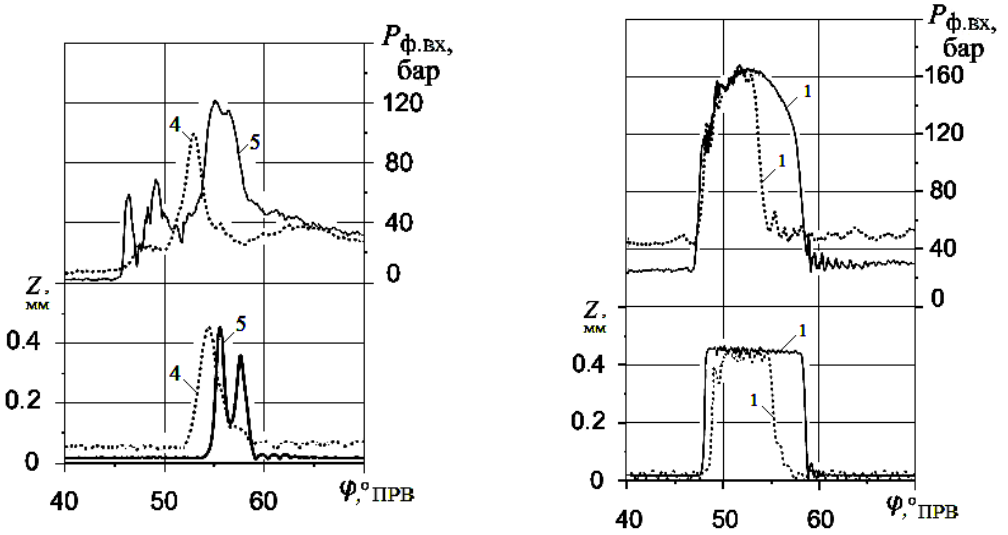
Рис.6. Осциллограмма перемещения иглы форсунки при ступенчатом впрыскивании: а – топливная система без подкачки: 5, 6 – циклы ступенчатого и первого стабильного впрыскивания; б – топливная система с подкачкой; 4, 5 – циклы ступенчатого и первого стабильного впрыскивания

Можно отметить, что угол впрыскивания $\varphi_{вп}$ при ступенчатом впрыскивании в разгруженной топливной системе без подкачки и с подкачкой непродолжителен и составляет 4,5°ПРВ и 4°ПРВ соответственно (рис.6а осциллограмма 5, рис.6б осциллограмма 4).

Угол впрыскивания $\varphi_{вп}$ первого стабильного впрыскивания в разгруженной топливной системе без подкачки и с подкачкой различны: 16,2°ПРВ и 12,5°ПРВ (рис.6а осциллограмма 6, рис.6б осциллограмма 5).

Осциллограммы давления топлива на входе в форсунку $p_{ф.вх}$ для различной частоты вращения при ступенчатом впрыскивании разгруженной топливной системы без подкачки и с подкачкой, а также первое впрыскивание в

топливной системе с остаточным давлением без подкачки и с подкачкой представлены на рис.7.



а б

Рис.7. Осциллограммы давления форсунки входа $p_{ф.вх}$ на режиме разгона: а − топливная система разгружена; 4, 5 − циклы ступенчатого впрыскивания; б − топливная система с остаточным давлением; 1, 1 − циклы первого стабильного впрыскивания; (——) без подкачки; (- - -) с подкачкой (обозначения в тексте).

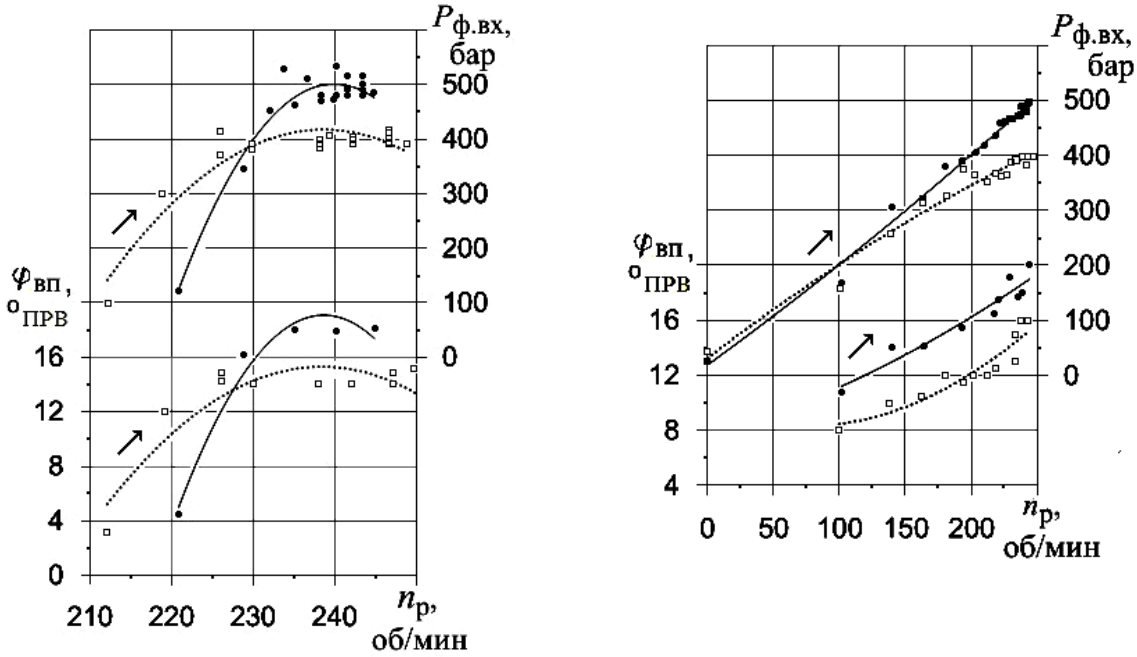
Осциллограммы $p_{ф.вх}$ на рис.7а показывают, что при разгруженной топливной системе без подкачки (кривая 5) имеет три пиковых значений. Первые два пика не превышали давления затяжки пружины иглы форсунки в 70 бар. Третий пик достигает величины рабочего давления, однако, из-за недостаточной частоты вращения распределительного вала (скорости перемещения плунжера ТНВД) впрыскивание ступенчатое.

Осциллограммы $p_{ф.вх}$ на рис.7б фазы первого впрыскивания в топливной системе с остаточным давлением без подкачки и с подкачкой имеют близкую конфигурацию. Величины максимальных давлений практически равны (166 и 167 бар соответственно).

Угол впрыскивания $\varphi_{вп}$ в топливной системе с остаточным давлением без подкачки (рис.7б) на 2,8°ПРВ больше чем с подкачкой. Впрыскивания начинается на 3°ПРВ раньше, чем в системе с подкачкой.

Зависимость параметров топливоподачи от частоты вращения на режиме разгона при различных начальных условиях представлена на рис.8.

Остановимся на анализе данных, полученных при изменении двух условий эксперимента – начальном давлении в системе и наличии подкачки. Величины давления топлива и угла впрыскивания, полученные при разгоне, представлены на рис.8. Для разгруженной системы (рис.8а) характерно отмеченное ранее существенное запаздывание первого впрыскивания с значительным количеством пропусков подачи и, соответственно, ростом начальной частоты вращения.



а б

Рис.8. Зависимость параметров топливоподачи от частоты вращения на режиме разгона при различных начальных условиях: а – топливная система разгружена; б – топливная система с остаточным давлением; (–•—) без подкачки, (-◦- -) с подкачкой (обозначения в тексте)

При этом условия наполнения ТНВД не оказывают заметного влияния на продолжительность подготовительного участка. Лишь в условиях разгруженной системы начальная частота впрыскивания несколько меньше (около 10 об/мин), что не превышает 5% текущей частоты вращения распределительного вала. При наличии остаточного давления топливоподача начинается при одинаковых величинах $n_р$ = 100 об/мин, это вдвое меньше, чем в отсутствие начального давления.

Выводы

Условия наполнения ТНВД влияют на начальный участок разгона. При повышении давления топлива на входе в ТНВД путём запуска топливоподкачивающего насоса сократилось количества циклов от начала разгона до установившегося режима работы топливной системы на 6 циклов.

Зависимость параметров разгона от давления подкачки характеризуется следующим образом: на участке разгона наиболее заметно влияние начального давления, формировавшееся после кратковременной остановки стенда без разгрузки системы впрыскивания. Так, условия первого впрыскивания в эксперименте сформировались при частоте вращения 102 – 100 об/мин в отличии от разгруженной топливной системы, составившей 229 – 219 об/мин.

Разность углов первого стабильного впрыскивания в экспериментах для разгруженной топливной системы без подкачки и с подкачкой составил 3,7^{o}ПРВ, для топливной системы с остаточным давлением без подкачки и с подкачкой 2,8 ^{o}ПРВ. Таким образом, давление подкачки уменьшает влияния на продолжительность угла первого стабильного впрыскивания.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования позволили установить влияние начальных условий на характеристики впрыскивания при перемеренных режимах в работе топливной системы судового среднеоборотного дизеля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Половинка Э.М. Процесс впрыскивания топлива в судовом среднеоборотном дизеле на переменных режимах / Э.М. Половинка, Н.В. Слободянюк. – Одесса : Судовые энергетические установки. – 2016. – Вып. 36. – С. 141-151.

2. Половинка Э.М. Скоростные характеристики системы топливоподачи судового среднеоборотного дизеля на переменных режимах / Э.М. Половинка, Н.В. Слободянюк // Молодий вчений. – 2016. №3(43). – С.735-740.

3. Дадилов А.С. Исследование пусковых эксплуатационных качеств и рабочего процесса судового малоразмерного дизеля с камерой сгорания в поршне : дис. ... канд. техн. наук : 05.08.05 / Айдемир Султанбегович Дадилов. – Астрахань., 2007. – 138 с.

4. Чистяков А.Ю. Исследование межцикловой нестабильности процессов топливоподачи дизелей при работе на режимах малых подач и частот вращения : дис. ... канд. техн. наук : 05.04.02 / Александр Юрьевич Чистяков. – Харьков., 2006. – 199 с.

УДК 621.436

Заблоцкий Ю.В.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Модификация рабочих поверхностей топливной аппаратуры высокого давления судовых дизелей посредством нанесения органических и неорганических покрытий

Среди характеристик топлив, традиционно отмечается лишь их способность к самовоспламенению и сгоранию в цилиндре дизеля, при этом редко уделяется внимание еще одной их характеристике – смазочной способности [1]. Причем именно смазочная способность обеспечивает качественную и надежную работу топливной аппаратуры дизеля, которая в свою очередь является одним из ответственных узлов любого двигателя. Понятие «смазочной способности» топлива особенно актуально для элементов топливной аппаратуры высокого давления, где зазор между контактируемыми поверхностями определяется несколькими микрометрами, а находящиеся в этом зазоре слои топлива отличаются ориентированной структуры молекул [2].

Для образования однородного ориентирования молекул топлива в смазочных слоях большую роль играет обработка поверхности узла трения. С целью усиления ориентирующего действия на молекулы смазки различают следующие виды и способы обработки узлов трения:

1) химические методы подготовки поверхности;

2) механические методы подготовки поверхности;

3) нанесение на поверхности узла трения неорганических покрытий;

4) методы модификации поверхностей трения под воздействием различных физических полей.

5) нанесение на поверхности узла трения органических пленок;

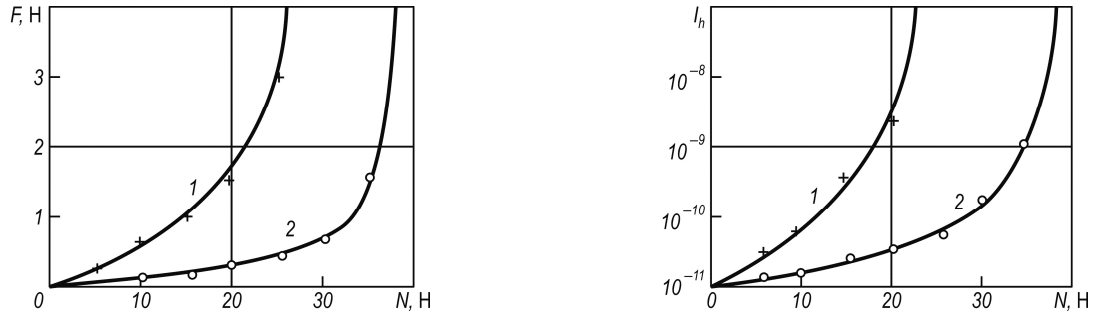
Для условий эксплуатации морского судна последний метод является наиболее подходящим, поскольку требует минимальное количество трудозатрат и практически не зависит от использования дополнительного оборудования [3].

Технологий процесса управления структурированием молекул в пристенных слоях топлива за счет использования органических пленок осуществлялась на примере топлива IFO380 и поверхностей прецизионных пар, выполненных из стали ШХ15. В качестве органического покрытия была взята перфторкислота $CF_3(CF_2)_7COOH$, представляющая высокомолекулярное фтористое соединение и относящаяся к классу эпиламов.

Метод эпиламирования, примененный для пары плунжер – втулка, не получил широкого распространения в элементах судовых технических средств. Это, в том числе, связано с консервативностью судовой энергетики как науки и стремлением судового экипажа избежать дополнительных рисков, возникающих при внедрении инновационных идей. Особенно это касается таких ответственных узлов, как топливная аппаратура.

Эпиламы представляют собой многокомпонентные системы, включающие фторорганические поверхностно-активные вещества в различных растворителях и регулирующие добавки. Ограничение использование эпиламов в судовой техники также связано с относительно низкими температурами, до величин которых происходит эффективное использование их свойств. В ряде источников эти значения ограничивались величинами 100…120°С, однако подобные данные относятся к первому поколению данных препаратов. Для современных эпиламов (полизам, амидофен, амидоамин, трибофол, эфрен и. др.) максимальные температуры их эксплуатации достигают 600…700°С. Таким образом, данные модификаторы поверхности вполне обоснованно могут использоваться для таких узлов трения, как прецизионная пара плунжер – втулка топливного насоса высокого давления, работающей в диапазоне температур до 150°С.

Эпиламирование поверхностей способствует образованию на них более прочных граничных смазочных слоев топлива, способствующих увеличению триботехнических характеристик поверхностей топливной аппаратуры. Подтверждением этому могут считаться результаты исследований, выполненные на экспериментальной установке по определению силу трения $F_{тр}$ в сопряжении плунжер – втулка в зависимости от нормальной нагрузки N. Трущиеся образцы были выполнены из стали ШХ-15. Диапазон изменения нагрузки и скорости был выбран таким, чтобы прецизионная пара работала в режиме граничной смазки.



а) *б*)

Рис. 1. Зависимость силы трения $F_{тр}$ (*а*) и интенсивности изнашивания I_h (*б*) в сопряжении плунжер – золотник ТНВД от нормальной нагрузки N

На рис.1, *а* приведены результаты измерения силы трения $F_{тр}$ в зависимости от нормальной нагрузки N на узел трения при объемной температуре топлива t=60°С и скорости скольжения 0,8 м/с. Резкий подъем значения силы трения $F_{тр}$ при увеличении нагрузки N обусловлен деструкцией граничного смазочного слоя. Приведенные результаты показывают, что большую нагрузку выдерживают структурированные слои топлива, образованные на предварительно эпиламированной металлической поверхности (кривая 2), наименьшее значение наблюдается в случае эксплуатации металлической поверхности без нанесения органических покрытий (кривая 1).

К аналогичным результатам привели и испытания на износ (рис.1, *б*), из которого видно, что наименьшая интенсивность изнашивания I_h наблюдается в случае реализации в явления структурирования граничного слоя топлива.

Таким образом, реализация в граничных слоях топлива ориентированной структуры молекул за счет покрытия поверхностей топливной аппаратуры высокого давления специальными органическими покрытиями позволяет в значительной степени снизить интенсивность изнашивания плунжерных пар, повысив таким образом надежность и долговечность работы топливных насосов высокого давления судового дизеля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zablotsky Yu. V. Maintaining Boundary and Hydrodynamic Lubrication Modes in Operating High-pressure Fuel Injection Pumps of Marine Diesel Engines / Yu. V. Zablotsky, S. V. Sagin // Indian Journal of Science and Technology, Published by Indian Society of Education and Environment, May 2016. – Vol. 9. – Iss. 20. – P. 208-216. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i20/94490.

2. Мацкевич Д. В. Определение смазочной способности дизельных топлив / Д. В. Мацкевич, Ю. В. Заблоцкий // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. – 2011. – № 28. – Одесса: ОНМА. – С.145-153.

3. Заблоцкий Ю. В. Снижение энергетических потерь в топливной аппаратуре судовых дизелей / Ю. В. Заблоцкий, В. Г. Солодовников // Проблеми техніки: наук.-виробн. журнал. – 2013. – № 3. – Одесса: ОНМУ. – С. 46-56.

УДК 621.436 (043.3/.5)

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

Особливості реології моторних мастил при забезпеченні режимів змащення пар тертя суднових мало-обертових дизелів

Робота моторного мастила в суднових дизелях супроводжується зміною його фізико-хімічного стану, в тому числі деформацією. Для мастильного матеріалу, що знаходиться в зоні контакту, характерні основні ознаки деформації: наявність прикладеної ззовні механічної сили і зміна форми, яке полягає в зміщенні частинок тіла (в даному випадку молекул) відносно один одного. У разі розгляду вузла тертя поршневі кільця - втулка циліндра в якості механічної сили на молекули масла діє нормальна сила, що притискає поршень до стінки циліндра. Уявлення про режими змащування циліндрової групи можна проілюструвати на прикладі моделі, що показана на рис. 1.

Гідродинамічний режим змащування спостерігається в тих місцях, де мастильний матеріал розділяє поверхні поршня і втулки. У парі тертя поршневе кільце - циліндрова втулка режим тертя і змащування змінюється на граничний. Це пов’язано з тепловим розширенням кільця (завдяки наявності «кільцевого» замку), а також з виконанням кільцем компресійного дії, коли на верхню і внутрішню частину кільця діють гази, а зовнішня поверхня кільця притискається до поверхні циліндрової втулки. При цьому зазори в парах тертя поршень - втулка Δ_p і кільце - втулка Δ_r мають різне значення і відповідають різним режимам змащення.

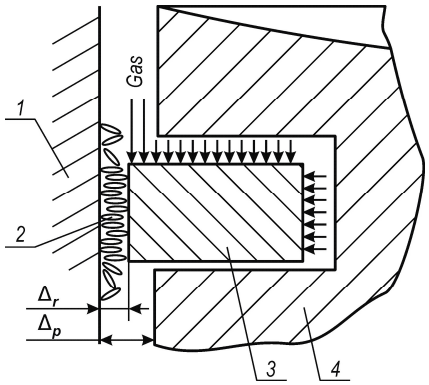


Рис. 1. Модель трибологічної системи циліндрова втулка - мастильний матеріал - поршневе кільце:
1 – втулка циліндра; 2 – мастильний матеріал; 3 – кільце; 4 – поршень

Неодноразово зазначалося, що характеристики тонких мастильних шарів, що утворюються в умовах граничного тертя, залежать не тільки від структурного стану масла, але і від дії твердої підкладки, поблизу якої вони знаходяться. Утворення поблизу твердої поверхні (особливо металевої) структурованих рідкокристалічних шарів з анізометрічною формою молекул призводить до помітного відмінності фізичних властивостей тонких прошарків рідини від їх властивостей в «об’ємної» фазі. Помітна структурна неоднорі-

дність граничних мастильних шарів, визначаючи неньютонівській характер в'язкої течії, значним чином впливає на дисипативні властивості мастильного матеріалу, особливо в трибо-сполученнях, що працюють в режимі граничного і змішаного тертя. Одним з параметрів, величина якого має різне значення для випадків об'ємної рідини і граничного шару, є в'язкість [1].

З метою підтвердження цього вислову виконувалося моделювання процесів тертя, що відбуваються при змащенні циліндропоршневої групи суднового дизеля 7S65ME-C7 фірми MAN-B&W.

Мастило, що знаходиться в зазорі пари тертя поршневі кільця - втулка циліндра, піддається напрузі зсуву. При цьому швидкість зсуву γ' можливо розрахувати, знаючи лінійну швидкість переміщення поршня і геометричні розміри поршневого кільця:

$$\gamma' = \frac{\upsilon_m}{h_r}, \qquad (1)$$

де υ_m – середня швидкість поршня, м/с, яка, в свою чергу, визначається як

$$\upsilon_m = \frac{Sn}{30}, \qquad (2)$$

де S – хід поршня, м;

n – частота обертання колінчастого вала, об$^{-1}$;

h_r – висота поршневого кільця, м.

Діапазон експлуатаційних режимів розглянутого дизеля визначається частотами обертання від мінімально стійкої $n_{\min}$ до максимально допустимої номінальної $n_{\max}$=1,03$n_{\text{ном}}$ і лежить в інтервалі 39...78 об$^{-1}$. Тоді, з урахуванням геометричних розмірів поршневого кільця дизеля h_r=0,02 м, значення ходу поршня S=2,73 м, а також згідно з (1) і (2), швидкість зсуву в зазорі пари тертя поршневі кільця - втулка циліндра складе γ'=181...355 с$^{-1}$.

Визначення в'язкості масла в граничному змащувальному шарі при різних швидкостях зсуву виконувалося за допомогою ротаційного віскозиметра [2].

Лабораторні дослідження проводилися для моторних мастил Mobilgard570 (фірми Mobil), що використовується при експлуатації суднового дизеля, а також для моторних масел ряду провідних фірм: Energol CLO50M (BP), Cyltech70 (Castrol), Texaco Special HT70 (Chevron). Дані моторні масла мають рівноважні значення основних характеристик (таблиця 1), а тому можуть бути порівняні при проведенні експерименту.

Результати вимірювань об'ємної в'язкості, а також в'язкості граничного мастильного шару при різній швидкості зсуву наведені в таблиці 2 і проілюстровані на рис. 2.

Стратифікація в'язкості по ширині мастильного шару підтверджує рідкокристалічну структуру граничного шару моторного мастила в вузькому зазорі між поршневим кільцем і втулкою циліндра. У діапазоні швидкостей зсуву γ'=0…400 с$^{-1}$ (що відповідають основним експлуатаційним режимам

роботи суднових мало-обертових дизелів), стратифікація в'язкості різних моторних мастил становить (0,9 ... 1,12) значення об'ємної в'язкості ν_{vol}.

Таблиця 1.Основні характеристики моторних мастил, що використовувались при проведенні експерименту

Основні характеристики	Mobilgard 570	Energol CLO50M	Cyltech70	Texaco Special HT70
Клас в'язкості за SAE	50	50	50	50
Кінематична в'язкість: при 40° С, sSt при 100° С, sSt	 229 21	 217 19,5	 218 19,5	 221 20
Загальне лужне число (TBN), мгKOH/г	70	70	70	70
Густина, при 15° С,	942	940	938	940
Температура спалаху, ° С,	241	215	223	207

Таблиця 2. Результати реологічних випробувань суднових мастил

Тип мастильного матеріалу і його характеристика		Частота обертання валу дизеля, n, об$^{-1}$									
		0	–	–	–	39	46	53	63	70	78
		Швидкість зсуву, γ, с$^{-1}$									
		0	50	100	150	181	211	242	285	319	355
Mobilgard570	Об'ємна в'язкість ,ν_{vol}, sSt	228									
	В'язкість граничного шару,ν_{bl}, sSt	256	239	233	223	221	219	218	216	215	214
Energol	Об'ємна в'язкість ,ν_{vol}, sSt	217									
	В'язкість граничного шару,ν_{bl}, sSt	228	218	213	206	203	201	198	197	195	194
Cyltech70	Об'ємна в'язкість ,ν_{vol}, sSt	218									
	В'язкість граничного шару,ν_{bl}, sSt	239	223	216	209	207	206	204	203	202	201
Texaco Special HT70	Об'ємна в'язкість ,ν_{vol}, sSt	222									
	В'язкість граничного шару,ν_{bl}, sSt	242	233	225	221	207	205	203	201	198	197

Цей факт необхідно враховувати при виборі сорту мастила для змащування циліндропоршневої групи, а також при визначенні бракувальних показників масла, тому що і в тому і в іншому випадку визначається значення в'язкості для великого об'єму рідини, а експлуатація циліндропоршневої групи відбувається при значеннях в'язкості, характерних для граничного шару.

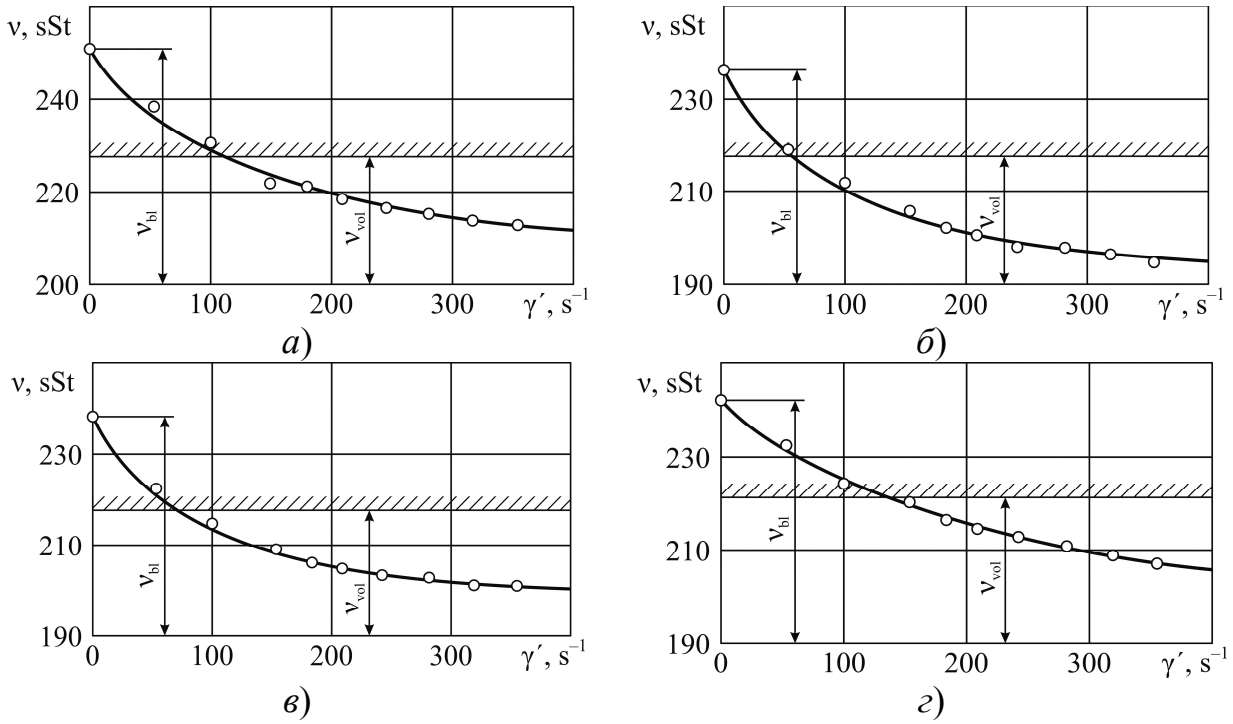


Рис.2. Криві в'язкості моторного мастила: залежності в'язкості ν (в граничному шарі, ν_{bl} і в великому обсязі ν_{vol}) від швидкості зсуву γ' при товщині мастильного шару 15 мкм: *а*) моторне мастило Mobilgard570; *б*) моторне мастило Energol CLO50M; *в*) моторне мастило Cyltech70; *г*) моторне мастило Texaco Special HT70

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кривой М. А. Обеспечение режимов смазывания подшипниковых узлов судовых малооборотных дизелей при режимах пуска и реверса / М. А. Кривой // Суднова енергетика : стан та проблеми : матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв : НУК, 2017. – С. 74-78.

2. 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

УДК 621.436

Куропятник А.А.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Обеспечение требуемого уровня эмиссии оксидов азота в выпускных газах судовых дизелей

Основным источником энергии, обеспечивающим работу судовых энергетических установок, в том числе двигателей внутреннего сгорания, является топливо [1]. Судовые двигатели внутреннего сгорания являются крупнейшими потребителями жидкого топлива. Мощность главных двигателей (передающих свою мощность на винт и обеспечивающих движение судна)

ведущих дизелестроительных фирм Mitsubishi, MAN Diesel, Wartsila-Sulzer достигает 56000…81000 kW, а вспомогательных двигателей (являющихся приводом судовых электрогенераторов) 2500…4200 kW [2]. При среднем Specific fuel oil consumption (SFOC) 175…188 g/(kW·h) суточный расход топлива главным двигателем может составлять 235…350 тонн/сутки, а вспомогательными двигателями, количество которых на современных судах до 4-х, а количество параллельно работающих до 3-х, до 8…10 тонн/сутки. При этом в атмосферу выбрасывается 16…24 тонн/час выпускных газов, в состав которых входят токсичные компоненты.

Оксиды азота занимают первое место среди вредных выбросов практически на всех режимах работы дизелей, вне зависимости от их типа, класса, размеров и конструктивных особенностей. Оксиды азота являются единственными загрязняющими веществами, которые не могут быть устранены путем смены сорта топлива (как это возможно для снижения выбросов SO_X), поскольку чаще всего они образуются при соединении азота (обязательно находящегося в составе жидкого топлива) с кислородом (обязательно находящегося в составе воздуха в цилиндре дизеля).

Способы снижения концентрация NO_X в выпускных газах подразделяются на первичные и вторичные. К первичным относятся меры по оптимизации процесса смесеобразования, подачи и горения топлива, а также совершенствования конструкции топливной аппаратуры [2]. Вторичные способы (селективное или неселективное каталитическое восстановление) подразумевают очистку уже образовавшихся выпускных газов перед их выпуском в атмосферу в дополнительно установленных специальных устройствах (реакторах) [3].

Наибольшее распространение среди первичных методов снижения эмиссии NO_X получили следующие:

1) увлажнение воздуха наддува;
2) применение водо-топливных эмульсий;
3) использование прямого впрыска воды в цилиндр дизеля;
4) модернизация конструкции топливной аппаратуры;
5) использование системы Exhaust gas recirculation (EGR).

Одной из особенностей эксплуатации морских судов является их подотчетность международным классификационным обществам (например, Lloyd's Register of Shipping – England, Bureau Veritas – France, Det Norske Veritas & Germanischer Lloyd – Germany, The American bureau of shipping – USA). Причем одно морское судно может быть под надзором сразу нескольких обществ. Эти организации на базе эмпирического опыта, статистического учета и научных исследований разрабатывают свои собственные Правила классификации морских судов и ведут систему непрерывного контроля над соблюдением этих правил на классифицированных судах. Это ограничивает возможность выполнения конструкционных изменений в устройстве судового энергетического оборудования (как тепловых и механических двигателей, так и систем, обеспечивающих их работу) без соответствующего согласова-

ния с этими надзорными органами. Судовой экипаж при выполнении своих функциональных обязанностей лишен возможности самостоятельного переоборудования как самой энергетической установки, так и систем, ее обслуживающих. Поэтому задачей как судовых механиков, так и представителей научно-исследовательский организаций является определение оптимальных условий эксплуатации судовой энергетической установки без внесения каких-либо усовершенствований и модернизаций в ее конструкцию.

Поэтому в данной статье предложены результаты экспериментальных исследований, выполненных на судовом малооборотном дизеле 7UEC60LS фирмы Mitsubishi, оборудованном штатной системой ERG и позволивших определить влияние системы рециркуляции выпускных газов на экологические, энергетические и экономические показатели его работы [4].

Принципиальная схема дизеля 7UEC60LS фирмы Mitsubishi с системой рециркуляции выпускных газов показана на рис. 1.

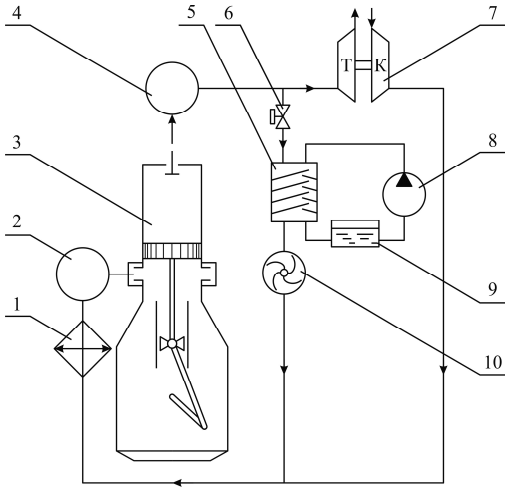


Рис. 1. Принципиальная схема системы рециркуляции выпускных газов для судового малооборотного дизеля 7UEC60LS фирмы Mitsubishi:

1 – охладитель воздуха; 2 – воздушный ресивер; 3 – цилиндр дизеля; 4 – выпускной коллектор; 5 – скруббер; 6 – управляющий клапан системы рециркуляции выпускных газов; 7 – газотурбонагетатель; 8 – водяной насос; 9 – водяная цистерна; 10 – газовый нагнетатель с электрическим приводом

Эксперименты выполнялись для следующих скоростных режимов работы дизеля: 55, 65, 75 и 80 rpm, что соответствовало значениям относительной мощности дизеля: $N_{ework}=0,3N_{enom}$, $N_{ework}=0,5N_{enom}$, $N_{ework}=0,77N_{enom}$ и $N_{ework}=0,93N_{enom}$, которая измерялась в кВт. В качестве N_{enom} принималась номинальная мощность, соответствующая своему значению коэффициента избытка воздуха α.

Результаты исследований приведены на рис. 2-3.

Система EGR обеспечивает принудительную подачу выпускных газов в цилиндр дизеля, при этом в цилиндре изменяется соотношение между горючими компонентами топлива (углеродом, водородом и серой) и окислителем (кислородом, содержащемся в воздухе). Это (при неизменном количестве топлива, подаваемого в цилиндр) ухудшает процесс сгорания, снижает мак-

симальную температуру в цилиндре и уменьшает количество «тепловых» оксидов азота, процентное содержание которых является превалирующим при сгорания жидкого топлива. Уровень эмиссии NO_X находится в обратной зависимости от степени рециркуляции системы EGR. Также к снижению количества оксидов азота в выпускных газах, приводит увеличение интенсивности подачи выпускных газов в цилиндр дизеля [41].

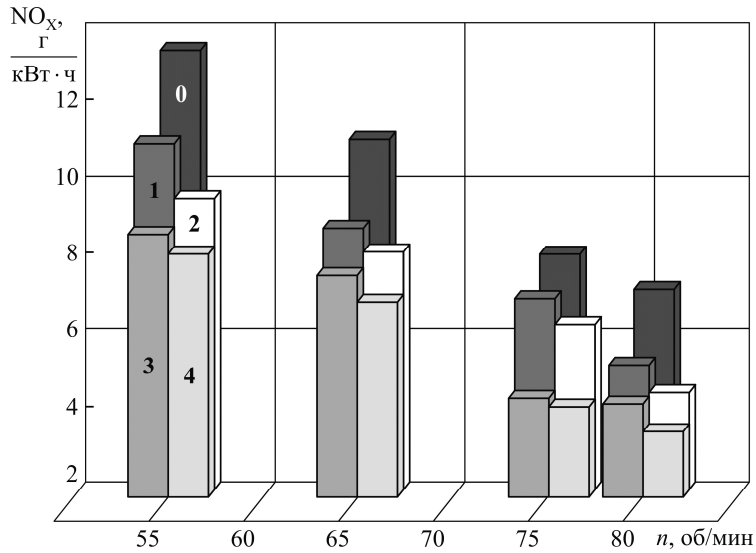


Рис. 2. Изменение концентрации оксидов азота NO_X, г/(кВт·ч) в выпускных газах судового дизеля 7UEC60LS фирмы Mitsubishi в зависимости от частоты вращения *n*, rpm и степени EGR, %: 0 – работа без рециркуляции (EGR=0%;) 1 – EGR=4,7%; 2 – EGR=9,8%; 3 – EGR=14,6%; 4 – EGR=18,8%

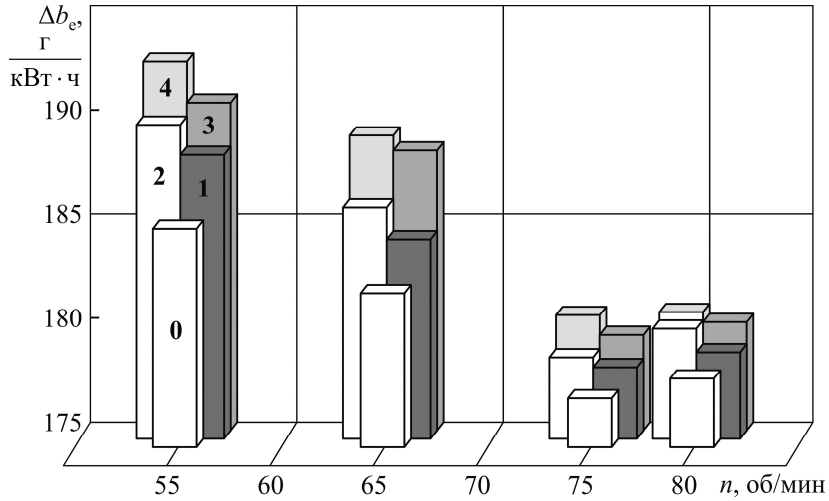


Рис. 3. Изменение SFOC, g/(kW·h) судового дизеля 7UEC60LS фирмы Mitsubishi в зависимости от частоты вращения *n*, rpm и степени EGR, %:
0 – работа без рециркуляции (EGR=0%;) 1 – EGR=4.7%; 2 – EGR=9.8%; 3 – EGR=14.6%; 4 – EGR=18.8%

Обеспечение экологических показателей работы дизеля связано с энергетическими и экономическими параметрами работы дизеля [42]. Благоприятное влияние системы EGR на эмиссию NO_X одновременно приводит к снижению эффективной мощности дизеля и увеличению SFOC. По нашему

мнению, снижение мощности дизеля связано с уменьшением количества выпускных газов, поступающих к газотурбонагнетателю, и одновременным пропорциональным увеличением количества выпускных газов, поступающим в цилиндр дизеля (через систему рециркуляции). Первое снижает мощность газотурбонагнетателя N_T, а второе приводит к понижению коэффициента наполнения цилиндра свежим воздухом $\eta_н$. В обоих случаях имеется прямо-пропорциональная зависимость одного параметра от другого: $N_T \sim G_T$ и $N_e \sim \eta_н$, что и обуславливает падение эффективной мощности при росте степени ERG.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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

2. Сагин С. В., Перунов Р. В. Способы снижения эмиссии NO_x судовых дизелей, находящихся в эксплуатации // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. – 2011. – № 28. – С.54-60.

3. Куропятник А.А. Обеспечение экологических характеристик работы судовых дизелей // Матер. наук.-техн. конференції «Річковий та морський флот : експлуатація і ремонт», 23.03.2017 – 24.03.2017. Частина 1. – Одеса : НУ «ОМА», 2017. – С. 120-123.

4. Куропятник А.А. Снижение эмиссии оксидов азота судовых дизелей // Матер. VII міжнар. наук.-техн. конференції «Суднова енергетика : стан та проблеми», 08.11.2017 – 10.11.2017 : НУК їм. адм. Макарова, 2017. – С. 162-165.

УДК 621.436 (043.3/.5)

Мацкевич Д. В.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Оптимизация периодичности замены и пополнения масла в системах смазки судовых дизелей

Основной тенденцией в развитии судовых двигателей внутреннего сгорания является повышение их цилиндровой и агрегатной мощности и технико-экономических показателей, что во многом зависит от качества применяемых моторных масел [1].

Основными эксплуатационными и реологическими характеристиками моторных масел, контроль которых обязателен в процессе эксплуатации дизеля, являются вязкость, плотность, кислотное число, температура вспышки, содержание воды и механических примесей. В процессе эксплуатации эти параметры постоянно изменяются, а их восстановление происходит либо за

счет очистки масла, либо за счет добавления в масляную систему свежего масла (как чистого, так и со специальными присадками) [2].

Периодическое добавление масла в процессе эксплуатации частично восстанавливает его первоначальные свойства. Через определенное время масло подлежит полной замене. Периодичность замены масла зависит от его свойств, типа дизеля, его технического состояния и условий эксплуатации, технического состояния масляной системы, способа фильтрации, используемого топлива и других факторов. Необходимость полной замены обусловлена потерей основных эксплуатационных качеств масла, т.е. его старением [3].

Периодичность замены масел устанавливают на основе тщательного изучения эксплуатационных свойств масел и их изменения в процессе эксплуатации. При этом периодичность замены масел пока недостаточно обоснована, т.к. на этапе проектирования масляной системы невозможно полностью учесть динамики процесса изменения физико-химических, эксплуатационных и реологических характеристик масла. Поэтому требуется корректировка сроков замены масел, установленных заводом-изготовителем, после достаточного накопления и изучения результатов эксплуатации [4].

Полная замена масла в судовых условиях требует вывода двигателя из эксплуатации, причем этот период включает не только саму процедуру замены масла, но и очистку поверхностей трения от эксплуатационных загрязнений. Выполнение этой задачи для главных двигателей происходит во время стоянки судна и может быть заранее запланировано с учетом характеристик груза и предстоящих грузовых операций. В связи с постоянной сменой нагрузки судовой электростанции, для вспомогательных дизель-генераторов длительный вывод из эксплуатации спрогнозировать достаточно тяжело. Поэтому, для их смазочных систем наиболее эффективным является процесс периодического долива масла.

Как правило в условиях эксплуатации ДВС долив масла в систему производится при достижении минимального уровня в картере (если дизель с «мокрым» картером) или в сточной цистерне (если двигатель с «сухим» картером). Периодичность этого процесса составляет один раз в 5…7 дней, в зависимости от типа смазочной системы и нагрузки на двигатель. При этом свежее масло, смешиваясь с маслом, имеющим определенный наработок в дизеле, полностью не восстанавливает эксплуатационные и реологические характеристики полученной таким образом смеси. Отклонения в этих параметрах тем больше, чем больше был срок между пополнением масла в системе.

В связи с этим в работе ставилась задача увеличения частоты долива масла в систему и параллельного определения эксплуатационных и реологических характеристик масла.

В состав вспомогательной дизель-энергетической установки судна, на котором проводились исследования, входили три однотипных дизель-генератора S6A2, что дало возможность проведения параллельных экспери-

ментов с разной интенсивностью долива масла. Дизель-генераторы работали попеременно с практически одинаковой нагрузкой (170…180 кВт) с одинаковым временем эксплуатации в течении суток (15…16 часов). Учитывая энергоемкость исследуемых объектов, а также сложность процессов, протекающих в масляной системе, можно считать, что двигатели находились в одинаковых условиях проведения экспериментов, а полученные результаты можно признать корректными.

Первый дизель-генератор оставался «контрольным» и изменения в частоте долива масла в систему на нем не проводилось. Таким образом, данный дизель работал 150 часов без пополнения масляной системы. За данный период времени количество масла в системе не опускалось ниже предельного уровня, а эксплуатация двигателя проводилась с соблюдением всех предъявляемых требований. В масляную систему второго дизель-генератора масло до верхнего допустимого уровня доливалось через каждые 25 часов работы. В масляную систему третьего – через каждые 10 часов. Результаты, полученные во время эксперимента, отражены в табл. 1 и приведены на рис. 1

Значения вязкости, кислотного числа и плотности масла для их построения для удобства восприятия и сравнения с предельными величинами браковочных показателей переведены в относительные единицы.

Приведенные результаты свидетельствуют о положительном влиянии интенсивности долива масла в масляную систему на его эксплуатационные характеристики.

Следует также отметить лучшее состояние контактируемых поверхностей дизелей, имеющих более интенсивный долив масла. Так, при проведении плановых моточисток дизелей было установлено, что детали цилиндропоршневой группы и подшипников движения «экспериментальных» дизелей имеют меньшие нагароотложения и шероховатость поверхности чем «контрольный» дизель, что свидетельствует о более качественном процессе их смазывания. Таким образом, более частоте пополнение масляной системы не только поддерживает и восстанавливает эксплуатационные и реологические характеристики масла, но и способствую более надежной работе судовых дизелей.

Таблица 1. Эксплуатационные характеристики масла для «экспериментальных» дизелей

Показатель	Базовое значение	Время эксплуатации, час		
		50	100	150
Интервал долива масла 25 часов				
Вязкость (кинематическая) при 100 °С, сСт	16	16,9	17,3	17,4
Плотность при 100°С, кг/м^3	920	890	880	875
Кислотное число, мгКОН/г	0,75	0,77	0,78	0,8
Интервал долива масла 10 часов				
Вязкость (кинематическая) при 100 °С, сСт	16	16,3	16,4	16,45
Плотность при 100°С, кг/м^3	920	910	905	900
Кислотное число, мгКОН/г	0,75	0,755	0,76	0,765

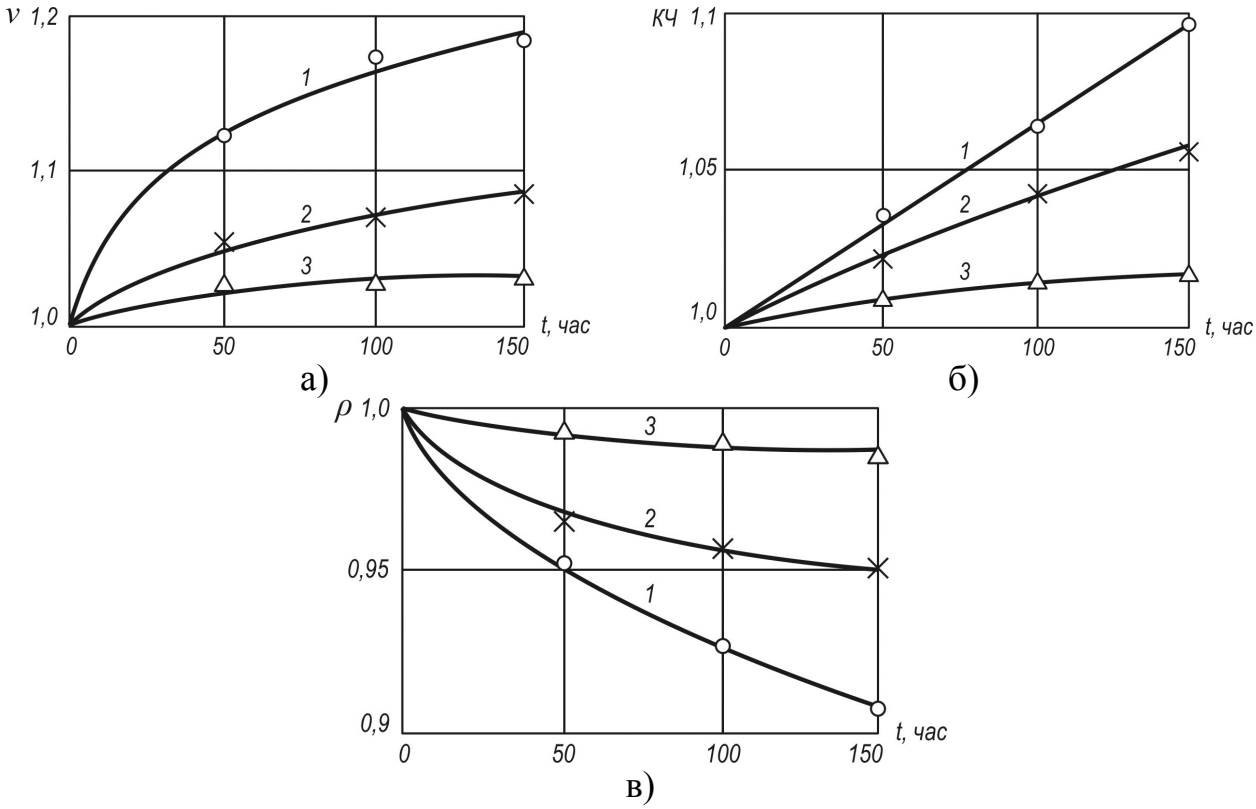


Рис.1. Изменение вязкости (а), кислотного числа (б) и плотности (в) масла во время эксплуатации:

1 – «контрольный» дизель (долив масла через 150 часов работы); 2 – долив масла через каждые 25 часов работы; 3 – долив масла через каждые 10 часов работы

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мацкевич Д.В. Эксплуатационные характеристики моторных масел судовых дизелей // Проблеми техніки: наук.-виробн. журнал.– 2012. – № 4. – Одесса: ОНМУ. – С. 82-96.

2. Мацкевич Д.В. Влияние интенсивности долива масла в циркуляционную систему на его эксплуатационные и реологические характеристики // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. – 2012. – № 30. – Одесса: ОНМА. – С.187-193.

3. Сагин С. В. Оптимизация расхода высокощелочного цилиндрового масла судовых малооборотных дизелей / С. В. Сагин // Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. – 2016. – № 7 (28) . URL: http://7universum.com/ru/tech/archive/item/3385.

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

УДК 621.436 (043.3/.5)

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

Хімічна обробка палив, що використовуються у суднових дизелях

Підготовка палива до використання в суднових дизелях проводиться комплексно, починаючи з прийому палива на судно і кінчаючи його подачею в двигун.

Метою роботи було визначення впливу використання паливних присадок на економічні та експлуатаційні показники роботи суднового дизеля.

Одним із способів обробки палива є зміна його фізико-хімічного складу, яку можна розділити на:

1) очищення від домішок;

2) хімічну обробку.

До першої групи відносяться відстоювання, сепарація і фільтрація; а до другої – використання паливних присадок.

Присадки до суднових палив нині набули досить широкого поширення на суднах, проте результат їх застосування не завжди отримує однозначну оцінку. Це пов'язано з різними причинами, які передусім залежать від характеристик суднового дизеля і елементів його паливної системи, а також від забезпечення правильності технології використання присадок.

В залежності від призначення присадок можливо різноманітні позиції їх введення в паливну систему дизеля (рис. 1).

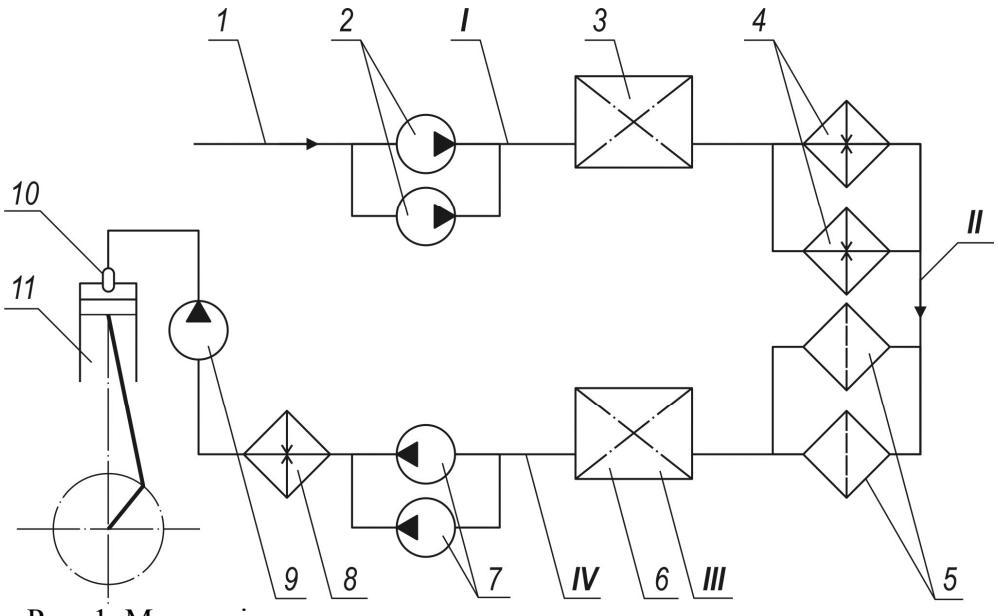


Рис. 1. Можливі точки введення присадок у паливну систему дизеля:

1 – магістраль подачі бункера; 2 – насоси, які перекачують паливо;

3 – відстійний танк; 4 – паливні підігрівачі; 5 – паливні сепаратори;

6 – витратний танк; 7 – паливні насоси низького тиску; 8 – паливний підігрівач; 9 – паливний насос високого тиску; 10 – форсунка; 11 – дизель

Застосування паливних присадок особливо актуально для допоміжних двигунів, які є приводами електричних генераторів. Дані типи двигунів характеризує підвищена (в порівнянні з головними двигунами) частота обертання колінчастого вала, а також безперервна робота в складі суднової електростанції (як на ходових, так і на стоянкових режимах експлуатації судна). Перше (підвищена частота) скорочує час впорскування палива, друге (робота під час стоянок в акваторії морських портів) накладає додаткові вимоги щодо забезпечення екологічних показників роботи двигунів [1].

Дослідження в умовах морського судна дедвейтом 51187 тонн були проведені в паливній системі дизеля 6N21L фірми Yanmar з наступними основними характеристиками:

• тип – вертикальний з водяним охолодженням, 4-х тактний, з газотурбінним наддувом;

• діаметр циліндра – 210 мм;

• хід поршня – 290 мм;

• частота обертання – 720 хв$^{-1}$ (об/хв);

• кількість циліндрів – 6;

• номінальна потужність – 680 кВт.

На рис. 2 показані залежності питомої ефективної витрати палива b_e від відносної потужності дизеля $N_e/N_{еном}$ для дизеля, що працює на "чистому" паливі, і дизелі, що працює на паливі з присадкою. У обох випадках отримані криві співпадають з теоретичними, проте слід зазначити рівність витрат палива на режимах номінальної і економічної потужності при роботі дизеля на паливі з присадкою.

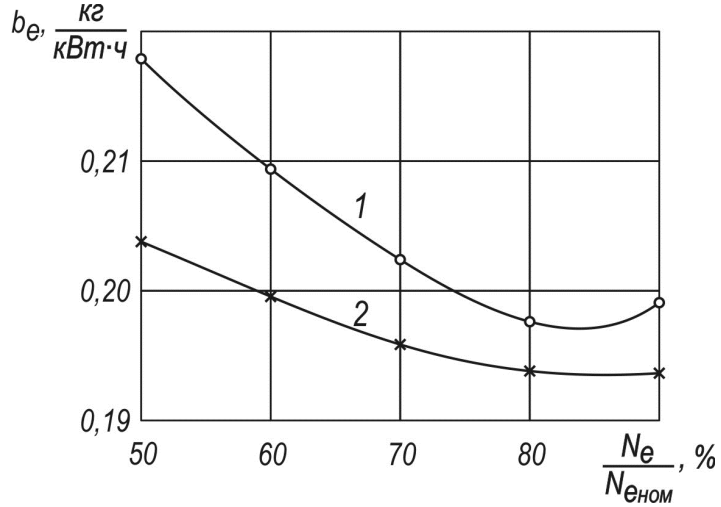


Рис. 2. Залежності питомої ефективної витрати палива b_e від відносної потужності $N_e/N_{еном}$ для дизеля,що працює на "чистому" паливі (1),і дизелі, що працює на паливі з присадкою (2)

Крім того, використання паливних присадок в цілому істотно знижує питому ефективну витрату палива, особливо на режимах малих навантажень (у діапазоні 50...60-ти %-вої потужності) – найбільш характерних для роботи дизель-генераторів [2].

Приведені результати свідчать про якісніше сумішоутворення і згорання, а також повніше використання теплотворної здатності палива з присадкою.

Експериментально отримані результати, що підтверджують зниження питомої ефективної витрати палива при використання присадок до палива, свідчать про інтенсифікацію процесу сумішоутворення і згоряння. При цьому відзначимо, що для різної концентрації присадки в базовому паливі спостерігається різне значення зниження питомої ефективної витрати палива. На наш погляд це пояснюється тим, що частина вільних радикалів присадки залишається незадіяними в розриві внутрішньо молекулярних зв'язків палива і активації його горючих складових.

Наслідком поліпшення процесу згоряння палива і зміщення його протікання на лінію ізохоричного підведення тепла також є зниження температури випускних газів. Це пов'язано з тим, що застосування присадок до палива сприяє протіканню процесу згоряння в циліндрі дизеля не по лінії розвитку ланцюгової реакції, що веде до детонації, а по лінії розвитку стаціонарного горіння [2].

На рис. 3 показані залежності усередненої температури випускних газів, по усіх циліндрах дизеля від відносної потужності дизеля для "контрольного" і "експериментального" дизелів.

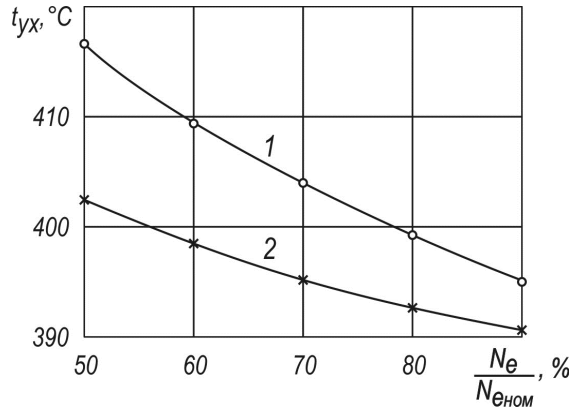


Рис. 3. Залежності температури випускних газів t_{yx} від відносної потужності $N_e/N_{еном}$ для дизеля що працює на "чистому" паливі (1) і дизелі, що працює на паливі з присадкою (2)

Як видно з рис.3, застосування присадок до палива сприяє зниженню температури випускних газів, що свідчить про повніше згорання палива. Також слід зазначити менше відхилення температури газів по циліндрах дизеля від його середнього значення. Так, для "контрольного" дизеля цьому параметр склав $\Delta t_{ср}$=8°С, а для "експериментального" $\Delta t_{ср}$=4°С.

Викладене свідчить, що використання присадок до палива суттєво покращує економічні, і експлуатаційні параметри роботи дизеля. Так при використанні паливних присадок можливо досягти зниження питомої ефективної витрати палива від 2 до 6 %; знизити температуру випускних газів, на 1,3…3,4 %.

Крім того, слід зазначити поліпшення технічного стану дизеля і його паливної апаратури при використанні паливних присадок. Так, при моточи-

щенні дизелів було визначено, що елементи ЦПГ дизеля, що працює з паливною присадкою, мають менший нагар на поверхнях нагріву (зокрема на голівці поршня, кришці циліндра і випускному клапані, а також більш рухливі поршневі кільця) чим у дизеля, що працює на "чистому" паливі. Крім того, форсунки дизеля, що використовує паливну присадку, практично не мали нагари навколо соплових отворів, а їх розпилювачі знаходилися в менш зношеному стані. Це ще раз свідчить про інтенсифікацію процесів сумішоутворення і згорання при використанні палива з присадкою.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. 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(20). – P. 208-216. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i20/94490.

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

УДК 621.431

Сагин С.В.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Обеспечение оптимального расхода цилиндрового масла судовых малооборотных дизелей

Судовые двигатели внутреннего сгорания (ДВС) являются самым распространенным типом тепловых двигателей и применяются как на морских, так и на речных судах. Одной из рабочих жидкостей, обеспечивающих работу ДВС, является моторное масло, которое подразделяется на два основных типа: цилиндровое и циркуляционное. Первые используются для смазывания цилиндров судовых крейцкопфных малооборотных дизелей (МОД); вторые – для смазывания и охлаждения подшипниковых узлов.

Основные функции масел сводятся к обеспечению надежной работы узлов трения, уменьшению трения и вызываемого им износа; предотвращению износа во всех иных его формах; удалению из зоны трения загрязняющих элементов; охлаждению путем отвода теплоты от трущихся поверхностей; обеспечению плотности в зоне кольцевого уплотнения поршней; предотвращению коррозии [1].

Анализ современных тенденций развития МОД показывает, что для обеспечения необходимой долговечности и надежности современных двигателей к цилиндровому маслу предъявляются особые требования, во многом более жесткие, чем те, которые выдвигались для МОД предшествующих моделей. Эти свойства должны обеспечивать равномерность распределения

масла по втулке цилиндра. В длинноходовых МОД в связи с уменьшением частоты вращения увеличено (по сравнению с обычными дизелями) время нахождения масляной пленки до ее обновления на поверхности втулки, в результате чего масло должно выдерживать большую термическую нагрузку, выполняя необходимые функции. Одной из важнейших задач является обеспечение толщины и прочности смазочной пленки в условиях низких скоростей поршня, например, при движении судов на экономичных ходах, что довольно широко распространено в современном судоходстве.

Судовые МОД и системы обработки топлива современных судов модифицированы на применение сверхтяжелых топлив с вязкостью до 750 сСт при 50°С и плотностью до 1010 кг/м^3. Особенности условий работы цилиндрового масла на поверхностях деталей ЦПГ при использовании высоковязких топлив определяются более длительным сгоранием топлива на линии расширения, высокой степенью термического воздействия на масляную пленку, попаданием на ее поверхность относительно большого количества сажи в результате неполноты сгорания, попаданием капелек несгоревшего топлива на пленку из-за увеличения дальности распыления топлива большой плотности. Такой процесс смешивания частиц, находящихся на поверхности цилиндра, оказывает отрицательное воздействие на смазывающие свойства масла, способствует снижению его термической и термоокислительной стабильности.

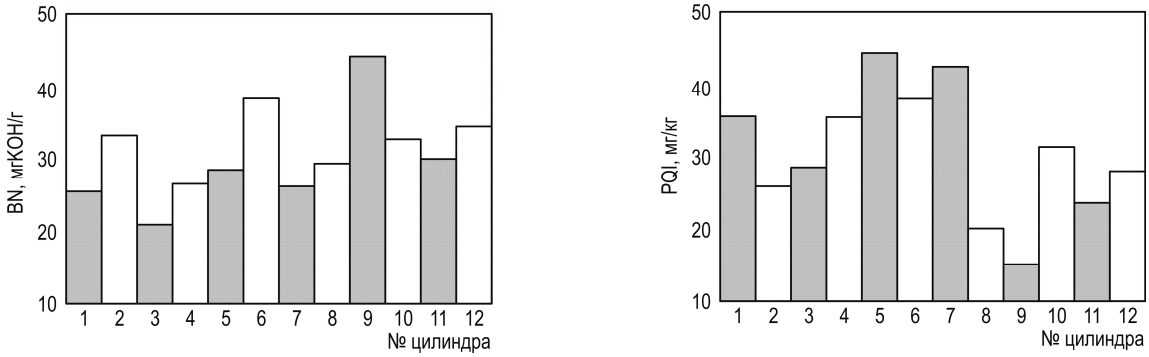
Использование тяжелых и сверхтяжелых топлив в крейцкопфных дизелях предопределяет ужесточение требований к ряду свойств цилиндрового масла [2]. ЦПГ дизелей относится к объектам постоянного контроля технического состояния. В современных условиях эксплуатации судовых дизелей выполнение частых визуальных инспекций цилиндровых втулок не всегда представляется возможным. Прежде всего, это связано с периодом безостановочной работы главных двигателей морских судов (например, длительность океанских переходов может достигать 20…30 суток), а также с большими трудозатратами на их выполнение. Поэтому для мониторинга эксплуатационных характеристик моторного масла и оценки по их значениям технического состояния цилиндровой группы применяются косвенные методы. Самым распространенным и доступным для условий морского судна является определение остаточного щелочного числа BN и количества металлических примесей в масле PQI, взятом из подпоршневых пространств дизеля [3].

Для технического состояния цилиндровой группы дизеля по анализам масла, взятого из подпоршневого пространства, выполнялись исследования на судовом дизеле 12K98ME-C7 фирмы DOOSAN–MAN-B&W. Во время проведения экспериментальных исследований дизель работал на одном и том же сорте топлива марки RMK 700, а смазывание его ЦПГ обеспечивалось маслом Mobilgard570.

Задачей исследования было определение оптимального расхода цилиндрового масла с одновременной диагностикой технического состояния ЦПГ дизеля [4].

Исследования по определение оптимальной подачи цилиндрового масла выполнялись только на установившихся режимах работы дизеля. Постоянство нагрузки на дизель определялось неизменными частотой вращения коленчатого вала и цикловой подачей топлива. Для каждого цилиндра дизеля устанавливалось свое значение подачи цилиндрового масла. Отклонение ее величины по цилиндрам не превышало 5% от среднего значения. Из подпоршневого пространства каждого цилиндра выполнялся отбор проб отработавшего масла с последующим определением в судовой технической лаборатории значений BN и PQI. Эксперименты были выполнены для десяти циклов с интервалом отбора проб 24 часа. Усредненные значения полученных результатов эксперимента показаны на рис.1.

Из зависимостей, представленных на рис.1 видно, что уровень подачи масла, установленный для 9-го цилиндра, обеспечивает наибольшее значение BN при минимальном количестве PQI. Таким образом, именно эти параметры могут считаться базовыми для определения оптимального режима смазывания и контроля технического состояния ЦПГ, а также мониторинга эксплуатационных параметров цилиндрового масла.



а) *б*)

Рис. 1. Определение оптимального значения подачи цилиндрового масла по величине BN (*а*) и PQI (*б*) для судового дизеля 12K98ME-C7

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.

2. Сагин С. В. Контроль реологических характеристик судовых моторных масел в процессе эксплуатации среднеоборотных дизелей // Austria-science. – 2017. – № 7.– С. 29-33.

3. Сагин С. В. Оценка вязкости масла при обеспечении режимов смазывания цилиндровой группы судовых дизелей / С. В. Сагин, А. В. Семенов //

Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. – 2015. – № 36. – Одесса: НУ ОМА. – С. 104-114.

4. Sagin S. V. Stratification of viscosity of engine oil with boundary and hydrodynamic lubrication of the cylinder piston group of marine low-speed diesel engines / S. V. Sagin , A. V. Semenov // Advanced Studies in Science: Theory and Practice. London, 2015. – Vol. III. Published in the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland. DOI: 10.17809/14(2015)-20.

УДК 629.123: 628.83

Афтанюк В.В., Афтанюк А.В.,.Бандуркин С.К.
Национальный университет «Одесская морская академия», ОГАСА

Исследование эффективности вентиляции закрытых судовых помещений

Для развития экономики Украины, которая обладает значительной речной системой и протяженным морским побережьем, огромное значение имеет морской и речной транспорт. В связи с этим возрастает и значимость судостроительной и судоремонтной промышленности Украины, которая в настоящее время должна быть конкурентоспособной не только по сравнению с азиатскими гигантами (Китай, Корея, Тайвань и др.), но и с такими странам, как Хорватия или Вьетнам [1].

Поэтому в условиях жесткой конкуренции на рынке судостроения и судоремонта не обойтись без внедрения передовых технологий и современного технологического оборудования с целью повышения эффективности производства, это требование в полной мере относится и к системам производственной вентиляции.

В процессе ремонта судна, приходится производить значительные объемы работ связанных с выделением вредных веществ непосредственно в судовых помещениях которые, как правило, представляют собой малые закрытые объемы (отсеки судна) без вентиляционных систем.

Количество вредных выделений в них на единицу объема помещения достаточно велико и для достижения предельно-допустимых концентраций, например, при малярных работах, требуется организация общеобменной вентиляции с кратностью воздухообмена, достигающей тысячи в час [2].

Для обеспечения нормативных условий труда во время производства ремонтных работ такие помещения должны быть обеспечены системами приточно-вытяжной вентиляции. Воздухообмен рассчитывается на разбавление до предельно допустимых концентраций вредных выделений от рабочих мест, не оснащенных местными отсосами, а также вредностей не уловленных местными вытяжными устройствами.

Правильное решение вопросов вентиляции в сочетании с рациональным ведением технологического процесса позволяет оздоровить условия труда,

повысить качество производства и скорость выполнения работ, что является важным фактором в условиях современной конкуренции на рынке судоремонта.

К закрытым судовым помещениям относят – выделенные технологические объемы (провизионные кладовые, туннель гребного вала, выгородка вспомогательного котла, балластная и др.) и емкости (топливные, балластные и др. цистерны) [3].

Помещения с замкнутым объемом на судах любого типа разные по своему объему и конфигурации, а их количество может достигать 30-40 шт., и более. Кроме того, конструктивно емкости могут иметь внутренние перегородки, которые существенно влияют на аэродинамику вентиляционных потоков.

Поэтому при моделировании приточно-вытяжной вентиляции в закрытых помещениях их рационально рассматривать как два отдельных типа помещений: тип I – полые закрытые помещения; тип II – закрытые помещения с перегородками. Для обоих типов помещений, невозможно определить положение приточного патрубка, при котором на рабочем месте поддерживаются требуемые санитарно-гигиенические условия.

С целью выбора целесообразной схемы вентилирования судовых закрытых помещений были поставлены сравнительные исследования методом электрогидродинамической аналогии (ЭГДА), который позволяет решать уравнение Лапласа применительно к гидродинамическим задачам [4, 5].

В настоящее время для реализации метода ЭГДА используется установка с токопроводящей бумагой. Такая установка портативна, удобна в обращении и по размерам не превосходит письменного стола. Одним из важных свойств этой установки является наглядность получаемых результатов. Решение, получаемое путем замеров потенциалов, непосредственно заносится на эту же бумагу в форме линий равного потенциала или в числовой форме около каждой точки, в которой производилось измерение [6].

Математическое решение поставленных задач методом ЭГДА основано на известном положении, что движение электрического тока в токопроводящей среде и распределение потенциала скоростей в дозвуковом газовом потоке подчинены одному и тому же дифференциального уравнения в частных производных эллиптического вида:

$$\frac{\partial}{\partial õ}\left[À_1(õ,ó)\frac{\partial u}{\partial õ}\right]+\frac{\partial}{\partial ó}\left[À_2(õ,ó)\frac{\partial u}{\partial õ}\right]=0 \qquad (1)$$

а при условии, что $A_1(x,y) = A_2(x,y) = const,$ известного уравнения Лапласа для плоскопараллельного движения

$$\frac{\partial^2 U}{\partial X^2}+\frac{\partial^2 U}{\partial Y^2}=0 \qquad (2)$$

На основании изложенного возможно исследовать процесс движения воздушных потоков при вентилировании судовых помещений методом электроаналогий, основанном на аналогии дифференциальных уравнений, описывающих различные по своей физической природе процессы. При этом следует отметить, что аналогичного решения (1) для движения воздушных потоков не существует. Для поддержки аналогии движения электрического тока в токопроводящей среде и движения газового потока с дозвуковой скоростью, необходимо выполнить необходимые и достаточные условия подобия этих процессов, представляющих собой следующие три основных положения:

1) электрическая модель должна представлять изучаемую область или объект в любом масштабе;

2) между моделью и натурой должно существовать физическое подобие;

3) предельные условия модели и натуры должны быть подобны, то есть связаны между собой линейной зависимостью.

При этом следует заметить, что для однородной среды условие физического облика выполняется автоматически и поэтому при моделировании в однородной среде необходимо соблюдать только геометрическое сходство исследуемых процессов и сходство их граничных условий. Исходя из этих требований, моделируемые помещения делались из электропроводящей бумаги в масштабах, соответствующих натуральным размерам, а сходство граничных условий выполнялось в соответствии с принятой методикой моделирования по методу ЭГДА (1).

В качестве единицы измерения была принята приведенная единица потенциала, под второй понимается разность потенциалов на выходе питающего устройства интегратора, то есть максимальное и минимальное значение работающего напряжения.

Пересчет с модели на натуру осуществляется с помощью формулы:

$$U = U_{min} + (U_{max} - U_{min}) \cdot \varphi \tag{3}$$

$$\varphi = \frac{U - U_0}{U_1 - U_0} \tag{4}$$

где: U_{max}; U_{min} – максимальное и минимальное значение в натуре.

С помощью этих уравнений экспериментальные данные пересчитываются на натуру, в такой последовательности:

– по заданным предельным значением «U» в натуре с помощью формулы (4) исчислялись все необходимые предельные значения приведенных потенциалов;

– построив по этим значениям электрическую модель и измерив на ней в точках зрения интересующие потенциала по формуле (3) исчислялись искомые значения «U» в этих же точках натуры.

Таким образом, в результате поддержки требований моделирования методом электрогидродинамической аналогии, достигалась достоверность полученных экспериментальных данных.

Для исследований было приняты помещения обоих типов (без перегородок, и с перегородками). Для наглядности, упрощения и возможности сопоставления результатов эксперимента геометрические размеры помещений обоих типов приняты одинаковыми.

Объем помещения 432 м^3, габаритными размерами 12×6 метров, высотой 6 м и не имеет перегородок (рис.1, а, б, в). Объем приточного и удаляемого воздуха моделировался в пределах от 432 до 1728 м^3.

На модели были исследованы различные сочетания приточного патрубка при различных положениях технологического или штатного отверстий, через которые воздух произвольно удаляется из помещения. Исходя этого исследовалось шесть схем организации приточно-вытяжной вентиляции:

- схема 1 – приток и вытяжка осуществляется на одной стороне помещения в противоположных концах помещения (одностороннее размещение, рис. 1,а);
- схема 2 – одностороннее размещение, приточный патрубок расположен на краю помещения, а вытяжной смещен к центру на 1/3 помещения (рис. 1,б);
- схема 3 – одностороннее размещение, приточный патрубок расположен на краю помещения, а вытяжной смещен к центру на 1/2 помещения (рис. 1, в);
- схема 4 – приточный патрубок расположен на торцевой стороне (перпендикулярное размещение), вытяжной патрубок смещен к центру на 1/2 помещения по продольной стенке (рис. 2, а);
- схема 5 – перпендикулярное размещение, вытяжной патрубок смещен к краю помещения по продольной стенке (рис. 2, б);
- схема 6 – последовательное размещение, приточный и вытяжной патрубки размещены на противоположных сторонах помещения (рис. 2, в).

Результаты моделирования вентиляции в закрытых судовых помещениях приведены на рис. 1, 2.

Исследования показали, что ни одна из рассматриваемых односторонних схем вентилирования (схемы 1-3 рис. 1, а, б, в) замкнутых объемов не позволяет добиться эффективного вентилирования помещений. Концентрации загрязняющих веществ достигают своего максимального значения в противоположных углах (рис. 1, а, б, в). Анализ модели вентилирования по схемам 1-3, позволяет рекомендовать проведение судоремонтных работ, на стороне, на которой размещены приточно-вытяжные отверстия (на этой стороне минимальные значения концентрации загрязняющих веществ).

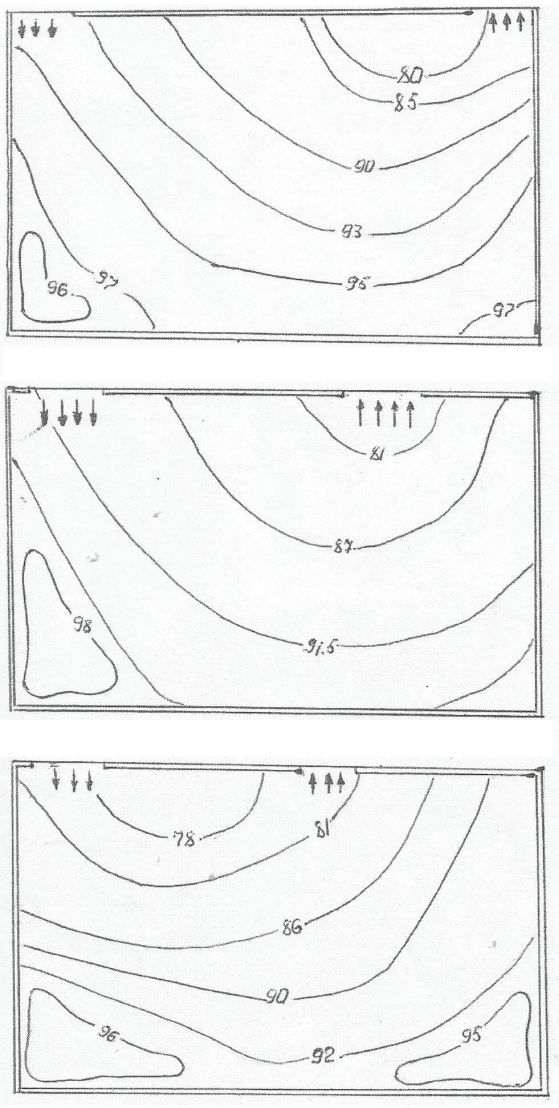


Рис. 1. Результаты моделирования распределения концентраций вредных веществ, при вентилировании замкнутого судового помещения I типа.

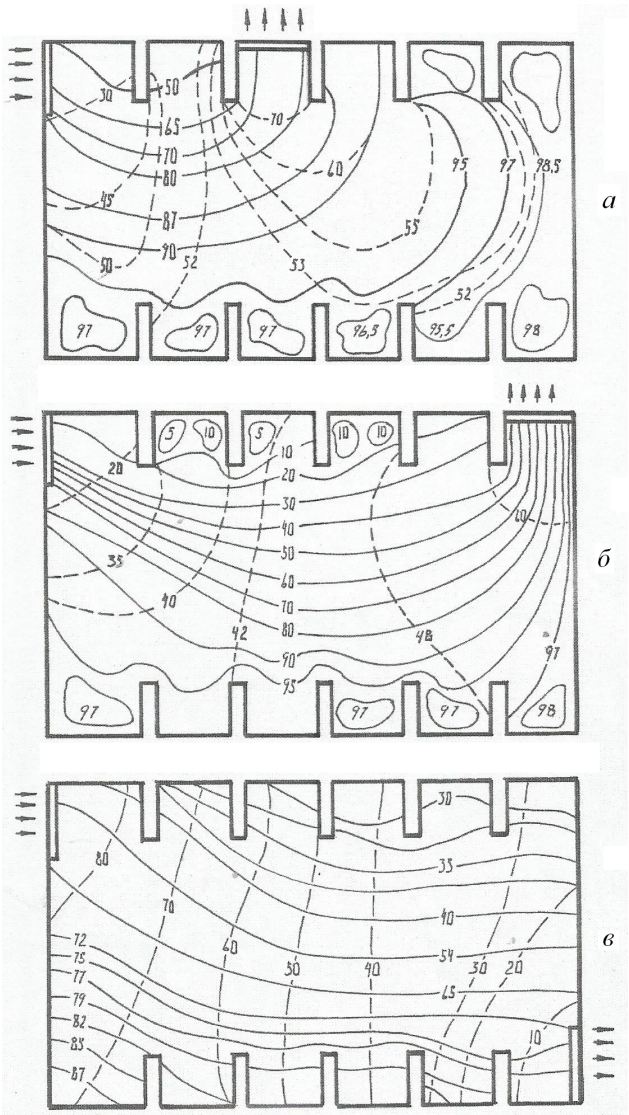


Рис. 2. Результаты моделирования распределения концентраций вредных веществ, при вентилировании замкнутого судового помещения II типа.

Анализ результатов по схемам 4, 5, так же показывает наличие застойных зон в отдалении от основного воздушного потока. Площадь застойных зон возрастает по мере приближения друг к другу приточного и вытяжного патрубков, что в свою очередь приводить к образованию недопустимо высоких концентраций вредных веществ в них. Повышенные концентрации загрязнителя наблюдаются также в области перегородок, которые создают резервуары застойного воздуха. При использовании схем вентилирования 4, 5 выполнение судоремонтных работ рационально производить в зонах непосредственного воздействия приточно-вытяжных струй. Однако, при этом должна быть обеспечена нормативная скорость воздуха в зоне проведения работ. Кроме того нужно учитывать, что подача приточного воздуха вблизи рабочего места приводит к тому, что струя разносит вредности, выделяемые от места их образования по всему объему помещения.

Рассмотрение схем вентиляции 1-5 (рис. 1, 2) показывают, что уровень загрязнения помещения и образования застойных зон значительно не отличаются при расположении отверстий относительно друг друга.

Повышение эффективности вентиляции (по сравнению со схемами 1-5) можно только наблюдать в схеме 6, (рис. 2, в), это выражается в значительном снижении концентраций загрязнителя в объеме помещения, уменьшение площади застойных зон.

На основании анализа результатов эксперимента можно сделать обоснованный вывод, что наиболее эффективно обеспечивать воздухообмен в закрытых судовых помещениях при выполнении в них, например сварочных работ средствами вентиляции по схеме 6 (рис. 2, в).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дергачев В. Перспективы украинского судостроения. Последний шанс. Электронный ресурс. Режим доступа: htpp://dergachev.ru/geop_events/250515-02.html#.WpHA5bhGQ6Y.
2. Гримитлин А.М., Позин Г., Воздухообмен в цехах судостроительных заводов. Журнал САНТЕХНИКА, ОТОПЛЕНИЕ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ, ООО «Издательский дом «МЕДИА ТЕХНОЛОДЖИ» (Москва), Номер: 1 (145), Год: 2014. Электронный ресурс. Режим доступа: htpp://elibrary.ru/contents.asp?issueid=23378652.
3. Устройство и техническая эксплуатация судна. Электронный ресурс. Режим доступа: http://wc.matrixplus.ru/utes03-004.htm.
4. Электрические модели. Гутенмахер Л.И. «Техніка», 1975, 176 стр.
5. Лекции по математическому и имитационному моделированию/ Ю.И. Бродский. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015, - 240 с.
6. Смирнов А.Д., Модели ЭГДА сетки сопротивлений. Электронный ресурс. Режим доступа: htpp:// www.computer-museum.ru/ histussr/smm017/htm.

УДК 621.431

Бузовский В.А., Акишев А.А.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Стендовые испытания судового дизеля по винтовой характеристике

Главные судовые двигатели эксплуатируются в условиях непрерывного изменения режимов их работы, определяемых условиями плавания и состояния пропульсивного комплекса, который состоит из главного двигателя, передачи валопровода, гребного винта и корпуса судна. Режим работы главного двигателя зависит от мощности, потребляемой гребным винтом, т.е. определяется свойствами потребителя энергии. Мощность, потребляемая гребным винтом, зависит от заданной судну скорости, состояния пропульсивного комплекса и гидрометеорологических условий. Эти факторы должны учитываться при эксплуатации двигателя во избежание его перегрузки.

Одна из основных задач технической эксплуатации судовой энергетической установки состоит в том, чтобы в конкретных условиях плавания технически обосновано выбрать такой режим работы двигателя, при котором достигались бы оптимальные условия протекания рабочего процесса, высокая экономичность и допустимый уровень тепловой и механической напряженности.

Основными параметрами, характеризующими работу дизеля, являются мощность, крутящий момент, частота вращения, удельный и часовой расход топлива, индикаторный, эффективный и механический КПД, среднее индикаторное и средне эффективное давление и другие параметры.

Для оценки и анализа технико-экономических показателей работы дизеля в различных эксплуатационных условиях используют характеристики, которые представляют собой изменение основных параметров дизеля, в зависимости от режимного параметра, выбранного в качестве независимого переменного. Для дизелей с прямой передачей на винт фиксированного шага при снятии таких характеристик, которые названы винтовыми, в качестве независимого переменного, принимают частоту вращения.

Таким образом, зависимости изменения мощности, крутящего момента и других показателей двигателя от частоты вращения вала, полученные экспериментальным путем, при работе его на гребной винт при установившемся движении судна или имитирующее его тормозное устройство называется винтовой характеристикой двигателя [2].

При непосредственной передаче мощности на винт фиксированного шага уравнение установившегося динамического взаимодействия главного двигателя и гребного винта имеет вид

$$M_e = M_c \frac{1}{\eta_в i_р}; \; N_e = N_в \frac{1}{\eta_в},$$

где M_e - крутящийся момент на валу двигателя, кНм;
M_c – момент сопротивления винта, кНм; $\eta_в$ - КПД гребного валопровода;
i_p - передаточное отношение редуктора (при отсутствии редуктора $i = 1$);
N_e - мощность, отбираемая от двигателя на привод гребного винта, кВт;
$N_в$ - мощность, поглощаемая винтом, кВт.
Если не принимать во внимание сравнительно небольшие потери мощности в промежуточной передаче от двигателя к гребному винту, считая $\eta_в = 1$, то при установившемся движении судна

$$M_e i_p = M_c; \; N_e = N_в.$$

Момент сопротивления винта M_c, кНм, является функцией нескольких переменных

$$M_c = K_2 \rho n_s^2 D^5 \cdot 10^{-3} = \frac{K_2 \rho n^2 D^5}{60^2} \cdot 10^{-3} = C_2 n^2,$$

где K_2 – безразмерный коэффициент момента винта, зависящий от относительной поступи винта $\lambda_p = \upsilon_p/(n_s D)$ и шагового отношения H/D, определяется расчетом или по диаграммам кривых действий винта [1, 2];

υ_p - поступательная скорость гребного винта или скорость набегающей на винт воды, м/с при постоянном шаговом отношении H/D (H – шаг винта, м). При $\lambda=const$ и H/D=$const$ - $K_2=const$; ρ - плотность воды, кг/м^3; n_s = n/60 - частота вращения винта, об/с; n - частота вращения вала двигателя, об/мин; D - диаметр винта, м; $C_2=K_2\rho D^5/3600\cdot10^{-3}=const$ - коэффициент пропорциональности;

Крутящий момент на валу двигателя, кНм

$$M_e = \frac{N_e}{\omega} = \frac{30N_e}{\pi n} = 9{,}55\frac{N_e}{n},$$

где N_e - эффективная мощность двигателя, кВт; $\omega=\pi n/30$ - угловая скорость, рад/с.

Из уравнения моментов для прямой передачи мощности на винт приближенно $M_e=M_c$, тогда $9{,}55Ne/n=C_2n^2$, т.е. крутящий момент на валу двигателя, кНм

$$M_e = C_2n^2,$$

а мощность двигателя, необходимая для привода гребного винта, кВт

$$N_e = \frac{1}{9{,}55}\cdot C_2n^3 = Cn^3,$$

где $C = \frac{1}{9{,}55}\cdot C_2$ - коэффициент пропорциональности.

Таким образом, характеристика, по которой работает любой двигатель на гребной винт, и называется винтовой характеристикой представляет собой приближенно для большинства транспортных судов кубическую параболу

$$N_e=Cn^3.$$

Для снятия винтовой характеристики на стенде используется лабораторная установка (рис.1) с двигателем ЯАЗ-204 (4Д10,8/12,7) соединенном с гидротормозом КО-2204 через реверс-редуктор.

Дизель ЯАЗ-204 предназначен для установки на катерах в качестве главного двигателя. Основные характеристики дизеля:

$N_{e\ ном}$ = 74 кВт – мощность номинальная; $n_{ном}$ =1900 об/мин - частота вращения; n_{min} = 400÷500 об/мин – минимально устойчивая частота вращения (холостой ход); i =4 шт – число цилиндров; D = 0,108 м – диаметр цилиндра; S =0,127 м – ход поршня; ε = 17 – степень сжатия; P_z = 6200 кПа – максимальное давление сгорания; g_e = 0,315 кг/кВт – удельный расход топлива на номинальном режиме; i_p = 2,48 – передаточное число реверс-редуктора; $M_т$= 50 кНм – наибольший крутящий момент, передаваемый реверс-редуктором.

Гидротормоз служит для поглощения мощности испытуемого двигателя. Принцип действия гидротормоза основан на использовании сопротивления воды вращению ротора. Схема гидротормоза показана на рис. 2.

Вал ротора 3, соединенный при помощи фланцев с коленчатым валом дизеля, вращается в подшипниках 4 корпуса 2. Корпус своими подшипниками 4 опирается на подшипники 5 стоек 1. Благодаря такой конструкции корпус имеет возможность поворачиваться на некоторый угол.

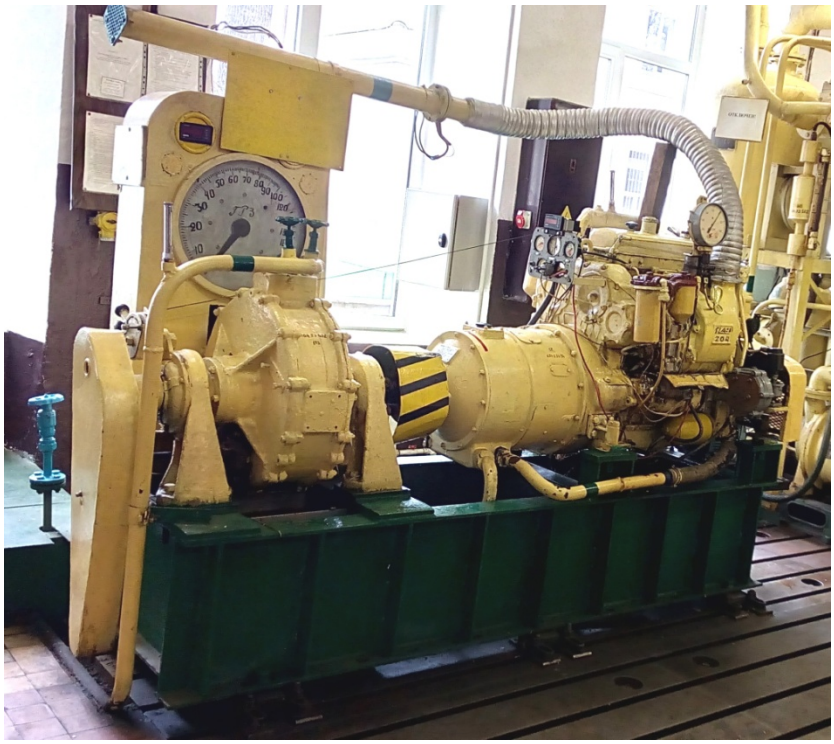


Рис. 1. Лабораторная установка с двигателем ЯАЗ-204

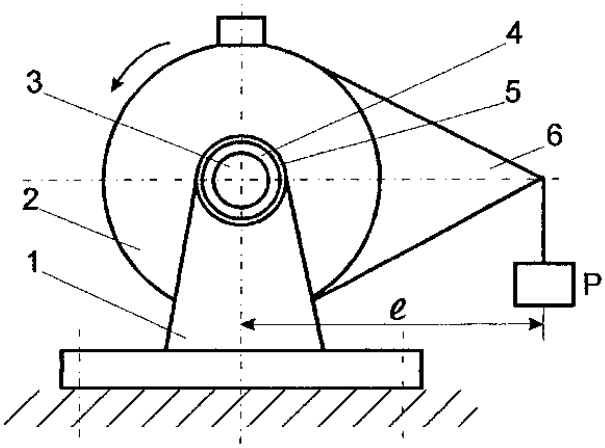


Рис. 2. Схема гидротормоза

Рабочую полость гидротормоза заполняют водой. При вращении ротора с перфорированными дисками мощность дизеля расходуется на преодоление сил трения воды. При этом механическая энергия преобразуется в тепловую. Теплота непрерывно отводится водой, протекающей через рабочую полость гидротормоза. Силы гидравлического сопротивления создают тормозной момент вращению ротора, направленный против вращения ротора и уравновешивающий крутящий момент дизеля. Корпусу через воду передается момент, равный тормозному, но противоположно направленный. Этот момент стремится повернуть корпус в направлении вращения ротора. Величину этого момента измеряют с помощью весового механизма, маятникового типа, который показывает величину окружного усилия $P_т$ на конце рычага ℓ корпуса гидротормоза. Циферблат весового механизма проградуирован в кг.

Таким образом, крутящий момент на валу гидротормоза

$$M_т = P_т \cdot \ell, \text{ кНм},$$

где $P_т$ – окружное усилие, уравновешивающее крутящий момент, кН;

ℓ - плечо рычага корпуса гидротормоза, м.

Эффективная мощность дизеля, кВт

$$N_e = \omega \cdot M_т.$$

Испытания проводились на режимах 25%, 50%, 75% и 100% от номинальной мощности дизеля. Для задания частичных режимов использованы расчетные данные, приведенные в таблице 1.

Таблица 1. Расчетные значения режимов

№ режима	$\frac{N_e}{N_{e\text{ном}}} \cdot 100\%$	N_e, кВт	$\frac{n}{n_{\text{ном}}} \cdot 100\%$	n, об/мин	$P_т$, кН (кг)
1	25	18,4	63,0	1197	0,51 (51,8)
2	50	36,8	79,3	1508	0,80 (82,2)
3	75	55,2	90,8	1726	1,05 (107,7)
4	100	73,6	100	1900	1,28 (130,5)

Частота вращения вала на частичных режимах определена из соотношения

$$\frac{N_e}{N_{e\,\text{ном}}} = \left(\frac{n}{n_{\text{ном}}}\right)^3,$$

тогда

$$n = n_{\text{ном}} \sqrt[3]{\frac{N_e}{n_{e\,\text{ном}}}}, \text{ об/мин.}$$

Усилие на гидротормозе, кН

$$P_т = \frac{N_e\, i_p}{\kappa n},$$

где N_e - мощность дизеля на заданном режиме, кВт;

n - частота вращения вала дизеля на заданном режиме, об/мин; $i_p = 2{,}48$ – передаточное число редуктора; $\kappa = 0{,}075$ – постоянная гидротормоза.

В процессе испытаний регистрировались следующие параметры: τ_c, c – продолжительность режима; V_τ , м^3 - объем израсходованного топлива за режим (по мерному бачку); n, об/мин - частота вращения двигателя; $P_т$, кгс – усилие на гидротормозе; $t_г$, ^{o}C - температура выпускных газов; $t_т$, ^{o}C - температура воды на выходе из гидротормоза; $t_д$, ^{o}C - температура воды на выходе из двигателя; $n_т$, об/мин – частота вращения гидротормоза.

Основные показатели работы двигателя, испытываемого по стендовой винтовой характеристике, определялись по ниже приведенным зависимостям [5].

Крутящий момент на валу гидротормоза, кНм

$$M_e = P_т \cdot \ell \cdot 10^{-2}$$

где $P_т$ – окружное усилие, уравновешивающее крутящий момент, кг (1кгс=0,0098 кН); $\ell = 0{,}716$ – плечо рычага корпуса гидротормоза, м.

Эффективная мощность двигателя, кВт

$$N_e = \omega M_т = \frac{\pi n_т}{30} P_т \cdot \ell \cdot 10^{-2} = к P_т n_т \cdot 10^{-2},$$

где к – постоянная гидротормоза.

$$к = \frac{\pi \ell}{30} = \frac{\ell}{9{,}55} = 0{,}075;$$

$n_т$ - частота вращения вала гидротормоза, об/мин.

Крутящий момент на валу двигателя, кНм

$$M_e = \frac{N_e}{\omega} = \frac{30 N_e}{\pi n} = 9{,}55 \frac{N_e}{n},$$

где $n = n_т i_p$ - частота вращения вала двигателя, об/мин. Здесь i_p = 2,48 – передаточное число реверс-редуктора.

Среднее эффективное давление, кПа

$$P_e = \frac{4 \cdot 60 N_e}{\pi D^2 S n i z} = \frac{N_e}{0{,}0131 D^2 S n i z} = \frac{N_e}{k_1 n},$$

где D - диаметр цилиндра, м; S - ход поршня, м; n - частота вращения вала двигателя, об/мин; i - число цилиндров двигателя; z - коэффициент тактности; k_1 - постоянная цилиндра, для дизеля ЯАЗ-204, $k = 7{,}76 \cdot 10^{-5}$.

Часовой расход топлива, кг/ч

$$G_ч = \frac{3600 V_т \cdot \rho_т}{\tau_c},$$

где $V_τ = 0{,}25 \cdot 10^{-3}$, м^3 - объем топлива, израсходованного за режим; $\rho_т = 840$, кг/м^3 – плотность топлива (для топлива ДЛ); τ_c, сек – время расхода объема $V_τ$ топлива по мерному баку.

Удельный эффективный расход топлива, кг/кВт·ч

$$g_e = \frac{G_e}{N_e}.$$

Цикловая подача топлива, кг/цикл

$$g_ц = \frac{g_e \cdot N_e}{60 \cdot n \cdot i \cdot z} = \frac{G_ч}{60 \cdot n \cdot i \cdot z}.$$

Эффективный КПД двигателя

$$\eta_e = \frac{3600}{g_e \cdot Q_н},$$

где $Q_н$ =41860 кДж/кг – низшая теплота сгорания топлива.

В таблице 2 по данным испытаний частично представлены расчетные параметры работы дизеля по винтовой характеристике, по которым построены следующие зависимости:

$N_e = f(n)$; $M_e = f(n)$; $G_ч = f(n)$; $g_e = f(n)$; $\eta = f(n)$.

Таблица 2. Расчетные параметры работы дизеля на долевых режимах

Режимы		N_e, кВт	M_e, кНм	$G_ч$, кг/ч	g_e, кг/кВт·ч	η_e
$N_{ер}$	n, об/мин					
0,25 $N_{е ном}$	1200	18,2	0,14	8,4	0,461	0,18
0,5 $N_{е ном}$	1500	35,5	0,22	10,8	0,304	0,28
0,75 $N_{е ном}$	1720	54,6	0,30	13,7	0,250	0,35
$N_{ер}=N_{е ном}$	1900	72,4	0,36	18,84	0,260	0,33

Графические зависимости (рис. 3), построенные по данным табл. 2, дают ясное представление о характере изменения показателей дизеля, работающего по винтовой характеристике.

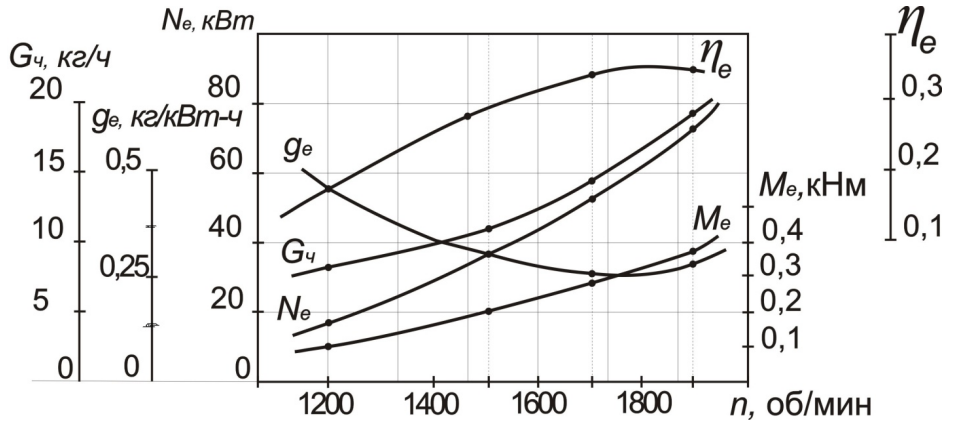


Рис. 3. Изменение показателей дизеля ЯАЗ-204 при работе по винтовой характеристике

Одной из особенностей работы по винтовым характеристикам – быстрое падение мощности при снижении числа оборотов.

Часовой расход топлива увеличивается по мере роста числа оборотов, а минимальный удельный расход получен на мощности 70÷75% от номинальной. Механический КПД с уменьшением числа оборотов падает.

Кроме того следует отметить, что приведенные здесь результаты стендовых испытаний носят, в большой мере, теоретический характер, поэтому такие характеристики называют теоретическими, или расчетными винтовыми характеристиками [3], получаемые в результате заводских стендовых испытаний.

Более точные данные о работе двигателя по винтовым характеристикам можно получить в процессе приемо-сдаточных ходовых испытаний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брук М.А., Рихтер А.А. Режимы работы судовых дизелей.
2. –Л.: Судпромгиз, 1963. -482 с.
3. Самсонов В.И., Худов Н.И., Мирющенко А.А. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Учебник для высш. учеб. заведений ММФ.
4. –М.: Транспорт, 1981. -400 с.
5. Камкин С.В., Возницкий И.В., Шмелев В.П. Эксплуатация судовых дизелей: Учебник для вузов. М.: Транспорт, 1990. -334 с.
6. Судовые двигатели внутреннего сгорания: Учебник / Ю.Я.Фомин, А.И.Горбань, В.В. Добровольский, А.И. Лукин и др.
7. –Л.: Судостроение, 1989. -344 с.
8. Бузовский В.А. Испытание судового дизеля по винтовой характеристике. Методические указания. –Одесса: ОГМА, 1997. -16 с.

УДК 628.32.2

Удолатій В.Б., Удолатій А.Є.
Національний університет «Одеська морська академія»
MSC Crewing Services, Одеса, Україна

Аналіз моделі автоматичного контролю вмісту нафти при скиданні баластних та промивних вод

Льяльна вода - ця загальна назва вмісту суднових стічних колодязів. Незважаючи на єдине найменування, склад льяльної води може бути досить різноманітний, причому концентрація компонентів може мінятися випадковим чином. Джерела протікань, що поступають, постійно змінюються, що не дозволяє бути упевненим у складі льяльної води в даний час.

Найефективнішим способом обробки льяльних вод (і єдиним, надійно працюючим в реальних морських умовах) є спосіб динамічного очищення за допомогою високошвидкісної відцентрової сепарації. Як правило, високошвидкісна відцентрова сепарація забезпечує очищення води від нафтопродуктів в реально діючих умовах до концентрації 5 ppm без застосування хімікатів і адсорбційних або мембранних фільтрів і забезпечує прекрасну ефективність розділення води, твердих часток і часток нафтопродуктів. У каналах сепарацій пакету тарілок відбувається злиття і укрупнення крапель нафтопродукту і флокуляция твердих часток, що також сприяє підвищенню ефективності роботи установки.

Це повністю автоматизована система, що включає насосну секцію, секцію попереднього підігрівання, секцію відцентрової сепарації і устаткування для управління і контролю технологічного процесу. Система складається з високошвидкісного сепаратора, пульта управління, рами з клапанами і трубним обв'язуванням та модуля живлячого насоса рис. 1.

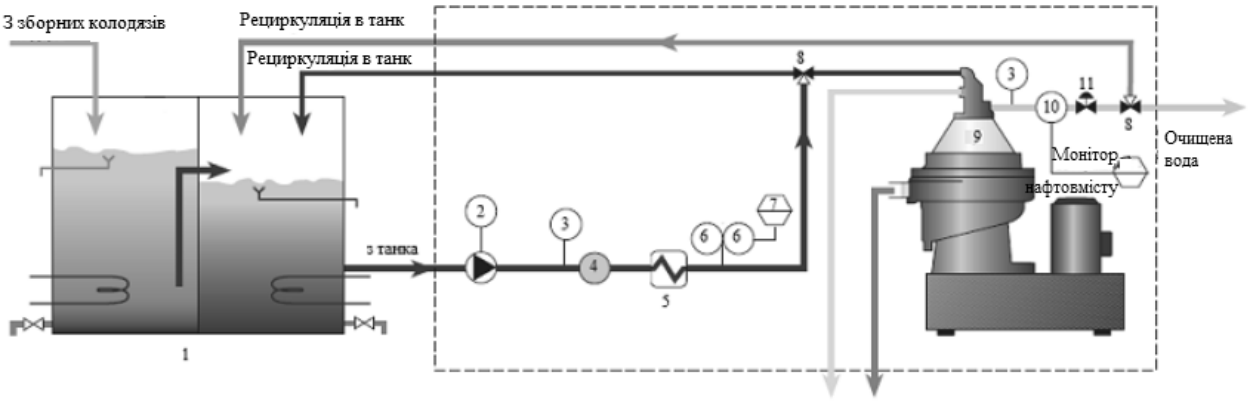


Рис. 1 Принципова схема високошвидкісної відцентрової системи сепарації льяльних вод

Де:

1 - Двосекційний танк-відстійник для льяльної води
2 - Живлячий насос з частотно-регульованим приводом
3 - Датчики тиску
4 - Фільтр грубого очищення

5 - Облаштування попереднього нагріву
6 - Датчики температури
7 - Регулятор температури
8 - Триходові розподільні клапани
9 - Високошвидкісний відцентровий сепаратор
10 - Облаштування контролю концентрації нафтопродуктів у воді
11 - Регулюючий клапан постійного тиску

Сучасне устаткування, що фільтрує, для очищення льяльних вод оснащується зазвичай системами і приладами для автоматичного контролю величини нафтовмісту при скиданні. Принцип дії вищезгаданих приладів ґрунтований на явищі турбідиметрії в інфрачервоній області спектру рис. 2.

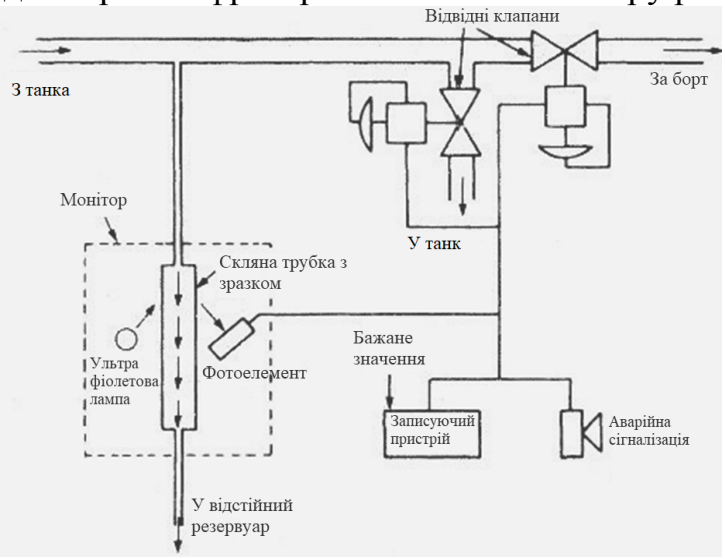


Рис. 2 Робота "SmartCell" монітора контролю концентрації нафтопродуктів у воді

Детектор "SmartCell" аналізує усі три типи нафти одночасно без необхідності повторного калібрування. Проте, необхідно виключити вплив на результат зважених часток.[5] Чистота скляних стінок трубки датчика визначає точність вимірювань.

У разі, коли перевищена концентрація встановлених величин при відборі проб, необхідно промити скляну трубку. Для можливості проведення обслуговування з системою поставляється пристрій для ручного очищення вимірювального елементу.

Головною причиною відмови або некоректної роботи системи визначення змісту нафтозалишків є забруднення оптичного елементу.[6] Для ефективної експлуатації монітора "SmartCell" в його конструкції необхідно передбачити облаштування автоматичного очищення внутрішньої поверхні вимірювальної камери. Пристрій може бути поршнем з отворами для протоки води з гумовими манжетами. У дію його можна приводити штоком від повітряного сервомотора. Поршень при поданні повітря в сервомотор здійснюватиме поступальну ходу усередині скляної трубки і своєю кільцевою гумовою манжетою очищати її стінки від можливих налиплих крапель нафтопродукту рис. 3.

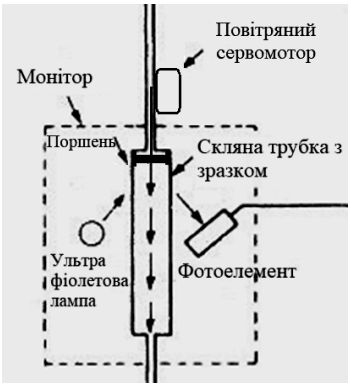


Рис. 3 Облаштування автоматичного очищення камери монітора "SmartCell"

Від ефективної експлуатації систем для автоматичного контролю величини нафтовмісту при скиданні значною мірою залежить виконання вимог міжнародних угод по відвертанню забруднення моря з суден при судноплавстві.

Висновки

Найефективнішим способом обробки льяльних вод в реальних морських умовах є спосіб динамічного очищення за допомогою високошвидкісної відцентрової сепарації.

До недоліків детектора "SmartCell" слід віднести його неправдиві спрацьовування, тобто чутливість до змісту у воді зважених речовин, що не відносяться до нафтопродуктів, але що міняють її оптичну щільність.

Головною причиною відмови або некоректної роботи приладу є забруднення оптичного елементу.

Для ефективної експлуатації монітора "SmartCell" в його конструкції необхідно передбачити облаштування автоматичного очищення внутрішньої поверхні вимірювальної камери.

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.

3. Белянин Б.В. Технический анализ нефтепродуктов и газа Учебное пособие для техникумов, Белянин Б.В., Эрих В.Н., 4-е изд. "Химия" 1979г.

4. Удолатий В.Б. Необходимость совершенствования контроля содержания нефти в сбросе балластных и промывочных вод. Матеріали науково-технічної конференції «Морський та річний флот: Експлуатація та ремонт», 24-25 березня 2015 р. Частина II– Одеса: ОНМА, 2015. – С. 25-27.

5. Удолатий В. Б. Разработка алгоритма автоматического контроля содержания нефти при сливе балластных и промывочных вод. Матеріали науково-технічної конференції "Річковий та морський флот: експлуатація і ре-

монт", 23.03.2017 – 24.03.2017. Частина 1. – Одеса: НУ "ОМА", 2017. – С. 177-179.

6. Удолатий В.Б. Разработка модели автоматического контроля содержания нефти при сливе балластных и промывочных вод. Матеріали науково-технічної конференції «Морський та річний флот: Експлуатація та ремонт», 17-18 березня 2016 р. – Одеса: НУ «Одеська морська академія» 2016. – С. 153-155.

УДК 532.133

Кирис А. В., Гарагуля Б. А.
Национальный университет “Одесская морская академия”

Профилирование рабочих лопаток для последних ступеней мощных судовых паровых турбин.

Крупнотоннажные газовозы оборудованы паротурбинными установками мощностью более 30 тыс.Квт., в составе которых входит турбина низкого давления (ТНД),которая в значительной степени определяет экономичность всей турбины. Особое место в проектировании турбин занимают последние ступени, которые являются самым нагруженным элементом, в наибольшей степени влияющем на экономичность. Абсолютная длина рабочих лопаток последних ступеней в современных судовых ПТУ (30-50 Мвт) может достигать 0,50-0,65м. Такие ступени называют ступенями с относительно длинными лопаткми или ступенями с большой веерностью $\theta = D_{ср}./l < 10$, где

$D_{ср}$. -средний диаметр лопатки; l -длина лопатки.

При $Q<10$ уже необходимо знать и учитывать изменяемость параметров потока по радиусу.

При проектировании таких рабочих лопаток необходимо, чтобы в целях вибрационной надежности центры тяжести всех поперечных сечений по высоте лопатки находились на одной прямой оси лопатки, совпадающей с радиусом вала турбины. Конкретный профиль для каждого сечения лопатки проектируется отдельно: вначале корневое и периферийное сечения, а затем среднее по расчетным углам $\beta 1$ и $\beta 2$ входа и выхода потока пара (определяются из теплового расчета ступени). Положение центра тяжести сечения напрямую зависит от конфигурации лопаточного профиля в конкретном сечении. Форма профиля в значительной степени определяется условиями наиболее оптимального (т. е. с наименьшими профильными потерями) его аэродинамического обтекания. Однако, кроме аэродинамических, необходимо еще учитывать и прочностные характеристики профилей. Как уже было упомянуто, абсолютная длина рабочих лопаток последних ступеней в современных судовых ПТУ может достигать 0,50 - 0,65 м. В таких ступенях из-за изгибающих усилий требуется применение профилей с большими моментами сопротивления при ограниченных возможностях по площади сечения.

Поэтому необходимо учитывать величину изгибающих напряжений по высоте лопатки от паровых усилий и от действия центробежных сил. Эти условия накладывают жесткие требования к величине момента сопротивления сечения W и площади сечения F профиля лопатки. Удовлетворить аэродинамическим и одновременно прочностным требованиям бывает довольно трудно. Так, на рис.1 показан пример проектирования относительно длинной рабочей лопатки паровой турбины.

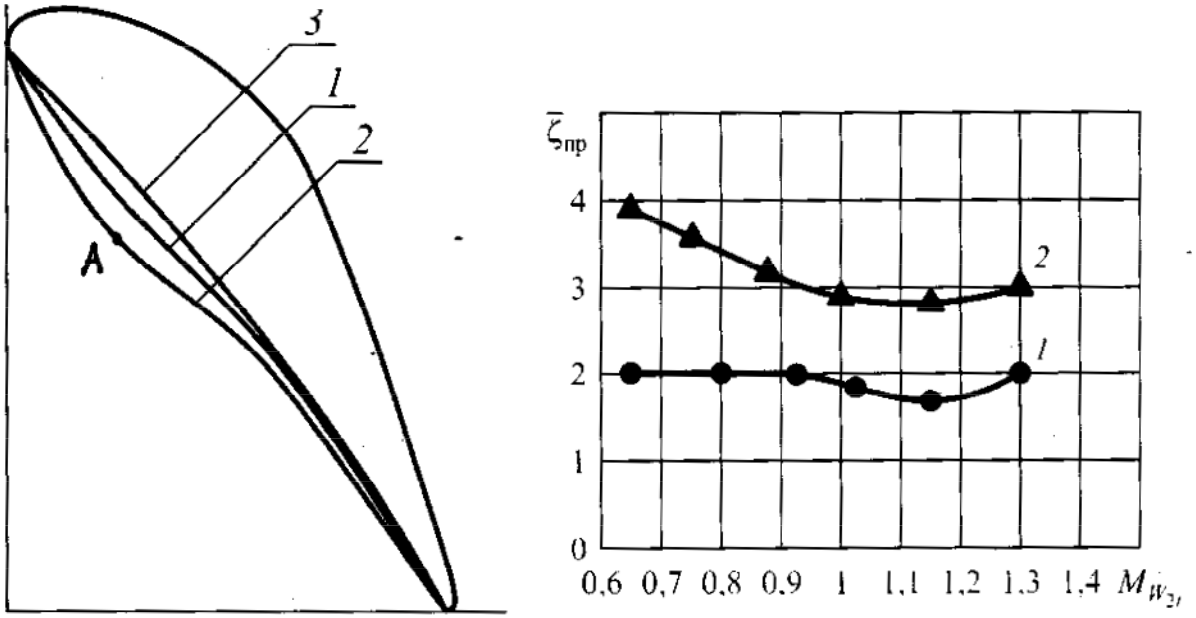


Рис.1

Профили корневого (I), среднего (II, вариант 1) и периферийного (III) спроектированы в соотвествии с аэродинамическими и прочностными W и F характеристиками. Расположив центры тяжести сечений на оси лопатки О-О, видим, что линии, проходящие по входным и выходным кромкам лопаток имеют излом в средней части (линии 1, сеч.II,вар.А), что неблагоприятно по условиям вибрационной надежности. Поэтому предлагается в таком проблемном сечении применить двояковыпуклый профиль, разработанный в МЭИ одного из авторов (вар.2, рис.2, профили 1,2). [1]

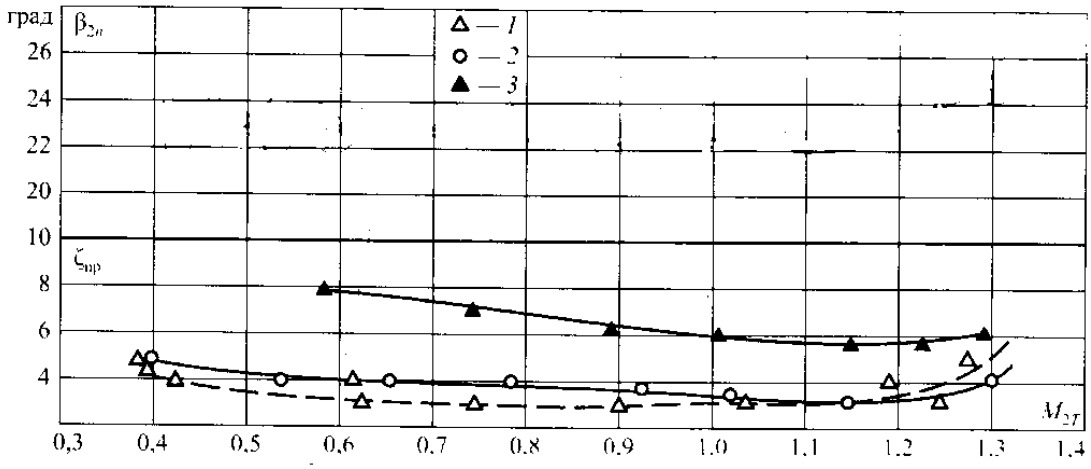


Рис.2.

Такая форма профиля позволяет при необходимых W и F уменьшить ширину профиля и добиться соблюдения условий вибрационной надежности: линии 2, вар. В являются прямыми, и ширина лопатки плавно уменьшается от корня к периферии.

Важным достоинством двояковыпуклого профиля является перемещение максимума изгибающих напряжений с входной кромки, где приходится ожидать концентрацию напряжений, на вершину выступа на стороне давления (т.А, рис.2) [2,3].

Результаты экспериментального исследования решетки обычных профилей (3) и двояковыпуклых (1,2, рис.2) представлены на рис.3, где приведены зависимости коэффициента профильных потерь $\xi_{пр.}$ от числа Маха $M_{2т}$ на выходе из решеток [1]. Сравнение этих данных показывает, что решетка 3 (исходный профиль) характеризуется повышенными потерями энергии. Для остальных решеток в диапазоне $M_{2т}$ = 0,5-1,35 коэффициент профильных потерь составляет $\xi_{пр.}$ =3-4%.

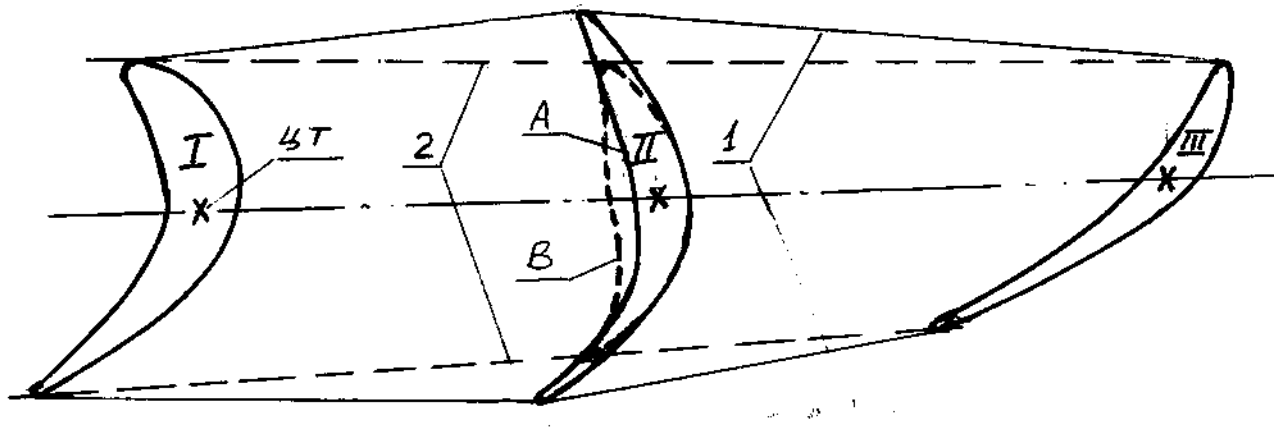


Рис.3.

Таким образом, при разработке конструкции рабочих лопаток последних ступеней применение двояковыпуклых профилей позволяет:

- облегчить оптимальное проектирование лопаток последних ступеней с точки зрения вибрационной надежности;
- уменьшить изгибающие напряжения от паровых усилий;
- снизить уровень профильных потерь энергии по сравнению с исходным профилем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование турбинных решеток с двояковыпуклыми профилями. Трояновский Б.М., Майорский В.Е., Гарагуля Б.А.// «Теплоэнергетика»,№10, 1981, с.75-78.

2. 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.

3. 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

УДК 629.5.035-233.1 (001.5)

Veretennik A.M., Aboleshkin S.E., Kardashev D.L.
National university «Odesa maritime academy»

MONITORING OF THE DIESEL'S CRANKSHAFT TORSIONAL VIBRATIONS

Introduction. The appearance during the operation of a propulsion unit of a ship of torsional vibrations of ship shaft lines causes dangerous dynamic loads in this unit, which can lead to damage to elements of power plants that provide safe operation of the ship, such as crankshafts, reducers, couplings, torsional vibration dampers and other elements of the vessel. Requirements for compulsory theoretical calculation and experimental control of parameters of torsional vibrations on vessels in operation are determined by the rules of international classification societies [1,2].

Theoretical calculations. As is known theoretical calculation of parameters of torsional oscillations of ship's propeller shaft includes the following stapes [2-4]:
1) bringing the mechanical system to discrete mass system;
2) Harmonic analysis of the change in torque for one revolution of the crankshaft;
3) Determination of natural frequencies, relative amplitudes of angular oscillations of masses, positions of nodes;
4) Calculation of the dependence of shear stress on the engine speed of the crankshaft, taking into account the damping in the system and the harmonic components of the torque, the definition of resonance zones;
5) Calculation of vibrations with the cylinder disconnected, with the damper locked and disconnected.

The reliability criterion is the conformity of calculations with subsequent real torsiographic measurements.

Measurements. The authors developed the method for measuring dynamic loads on a crankshaft described below, using the method for determining the dynamic shear stress of a crankshaft section based on the mathematical terms (1) [2,3]

$$\tau = I\,\varepsilon / W, \qquad (1)$$

There is: τ is the twisting stress of the shaft section;

W - is the polar moment of resistance of the cross section of the shaft section;

I - is the moment of inertia of the concentrated mass;

ε - is the angular acceleration of the corresponding concentrated mass.

Fig.1 shows a block diagram of measuring the instantaneous value of the angular acceleration of the shaft.

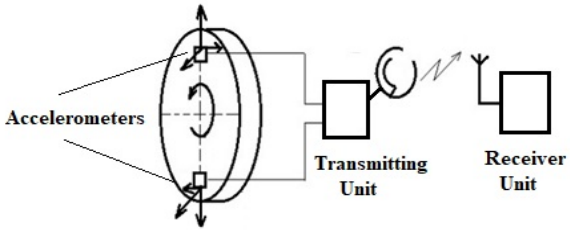


Fig 1. Block diagram of the measuring unit.

The moment of inertia of the mass and the moment of resistance are determined by calculation in accordance with the technical characteristics of the engine.

The method of measurement with the help of the following equipment is implemented.

The measuring and transmitting unit is attached to the free end of the engine crankshaft, flywheel or damper. It includes a pair of three-axis accelerometers with the same sensitivity parameters, which are mounted opposite each other at the same distance from the axis of rotation. This condition is fulfilled to exclude the influence of the field of gravity. The measuring unit also includes an electronic unit consisting of an adder, an amplifier, a modulator and antenna.

The receiver unit includes a receiver, a demodulator and a four-channel recording oscilloscope.

A specialized software product is using for mathematical calculation of the obtained measurements.

Under the influence of tangential acceleration, accelerometers generate analog electrical signals for each channel separately, which are summed in the adder, amplified in the amplifier and modulate the high-frequency signal in the modulator. The carrier frequency of the frequency-modulated signal is selected in the interference free region with a bandwidth of 1 Hz to 2 kHz. The resulting modulated signal is emitted by a transmitter with an antenna that has a circular pattern.

In the receiving path the demodulator decoded the signal and displayed on the oscilloscope screen, which allows us to get information in digital form. For convenience of the subsequent processing of the information and a binding to parameters of working process of the engine the counter of revolutions is used. The counter signals are output to a separate oscilloscope channel. The sensitivity of the acceleration sensors is 6.5 mV/g at a radius of 0.17 m. The self frequency of the accelerometer sensor is 2,5 kHz.

To determine the level of the shear stress dependence of time we use the working formula

$$\tau(t)=Ig[U(t)-U_n(t)]/\lambda RKW \qquad (2)$$

There is:

I = 6,7 kgm^2 (calculated) - moment of mass inertia on which accelerometers are installed;

g = 9,81 m/s^2 - acceleration of gravity;

U(t) - the output time signal of the oscilloscope, mV;

$U_n(t)$ - signal of the noise of the transmit-receive path mV (Fig. 2 left);

R = 0.17 m - the distance of the sensor from the axis of rotation;

K - coefficient of nonlinearity of the amplitude-frequency characteristic of the receiving-transmitting path (Fig. 2 right);

λ = 6.5 mV/g - sensitivity of the accelerometer sensor;

W = 138.4 m^4 - the moment of resistance of the shaft section.

The noise was recorded on a separate channel.

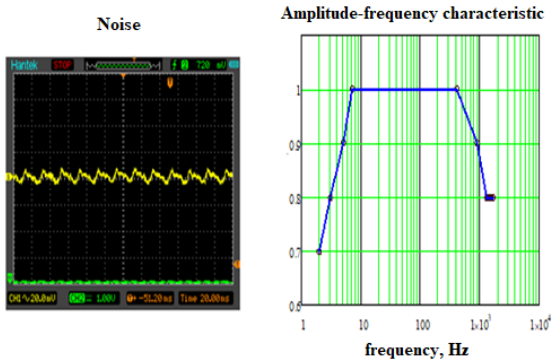


Fig.2. Noise and amplitude-frequency characteristic of the receiving and transmitting tract

The measurements were carried out on a laboratory diesel engine in the range of rotational speeds from minimally stable to 1400 rpm with 50 rpm increments.

In Fig. 3 shows the oscillogram of the signal in the near-resonance region (1000 rpm), as well as the Fourier spectrum of tangential stresses, obtained from (2) after expansion in mathematical series.

Figure 4 shows the frequency response of tangential stresses on the measured section of the crankshaft obtained after mathematical processing of the spectra. The boundaries of permissible and maximum stresses are shown. Resonances were observed at frequencies of 857 rpm (the amplitude of the voltage is 18% of the allowable by the Register requirements); 1270 rpm (voltage amplitude is 60% of permissible by the Register requirements).

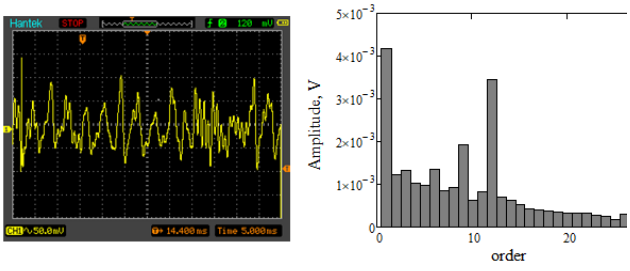


Fig.3. Analog signal and Fourier spectrum of the obtained tangential acceleration

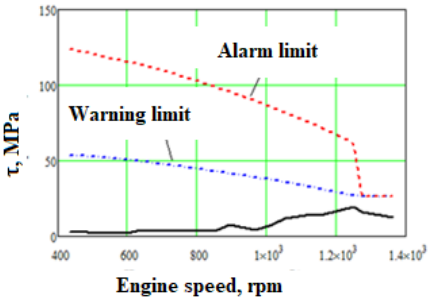


Fig. 4 Tangential stress depending on the engine speed

The proposed methodology has a number of advantages:

- the ability to continuously record in real time the signal in the entire range of measured rotation speeds of the crankshaft;
- direct determination of torque and tangential stresses on the shaft;
- allows you to record the signal remotely.

The reliability of the obtained results is confirmed by the satisfactory confirmation of the last one with theoretical calculations of the parameters of torsional vibrations of the engine.

The disadvantages include the impossibility of fixing the measuring unit in the shafting areas, the most interesting for research, which is typical for most techniques, as well as the need to provide filtering of the noise of the transmit-receive path.

REFERENCES

1.International standard ISO 3046-5: Reciprocating internal combustion engines-Performance- Part 5: Torsional vibrations, 2001. - 10 p.

2. Lloyd's Register of Shipping, "Main & Auxiliary Machinery," Rules & Regulations for the Classification of Ships, Part 5, London, 2000.

3. Терских В.П. Крутильные колебания валопровода силовых установок/ М:Судостроение. 1971, 300 с.

4. Willson, W.K. "Amplitude calculation", Practical solution of torsional vibration problem, Volume two; Chapman and Hall.LTD. London 1964, ch. 6, sec.32, p. 381-388.

5. Гоц А.Н. Расчет параметров демпфера крутильных колебаний // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 5-3. – С. 499-505

УДК 621.436.1:532.135

Козицький С. В.
Національний університет "Одеська морська академія"

Використання дилатантних речовин у рідинних демпферах крутильних коливань

Застосування демпферних механізмів є одним із ефективних рішень по зниженню негативних наслідків при виникненні крутильних коливання суднового вала. Широке поширення отримав рідинний силіконовий демпфер [1] завдяки простоті: у металічний корпус вводиться інертна маса у вигляді кільця, яка вільно обертається відносно нього, а простір між інертною масою та корпусом заповнюють в'язкою рідиною. Дослідження по застосуванню силіконових демпферів для ефективного гасіння крутильних коливань проведено в роботі [1]. У більшості робіт передбачається, що сила тертя, яка виникає та діє на елементарну площадку dS пропорційна градієнту швидкості

$$F_{mp} = -\eta \frac{dv}{dz} S . \qquad (1)$$

У теоретичних дослідженнях вважають динамічну в'язкість η величиною сталою, тобто обмежуються ньютонівськими рідинами.

В роботі [2] проведені розрахунки силіконового демпфера з врахуванням його реології, яка полягає у тому, що в'язкість силіконової рідини зменшується при збільшенні градієнту швидкості за законом [3]

$$\eta = \eta_0 \frac{1}{\sqrt{1 + k \cdot (dv/dz)}}. \qquad (2)$$

Найсуттєвішим у роботі [3] є те, що при збільшенні градієнта швидкості момент сили тертя зменшується у порівнянні з ньютонівською рідиною.

Метою даної роботи є розрахунок демпфера крутильних коливань при використанні речовини, для якої в'язкість зростає при збільшенні градієнта швидкості між корпусом та інертною масою.

В'язкі рідини, що не підкоряються закону (3), звуться ***неньютонівськими***. Їх реологія задовольняє закону Оствальда та описується нелінійним рівнянням

$$dF_{mp} = -K_n \left(\frac{dv}{dz}\right)^n dS, \qquad (3)$$

де K_n – коефіцієнт консистенції (у певному діапазоні градієнта швидкостей він може вважитися сталим) і називається ефективною в'язкістю, а $n \neq 1$ має назву індексу течії, який характеризує ступінь відхилення від ньютонівської поведінки. Серед таких виділяються дилатантні рідини, для яких при збільшенні градієнта швидкості їх в'язкість збільшується, тобто їм у рівнянні (3) відповідає значення n >1; прикладом дилатантних рідин є більшість суспензій з високим вмістом частинок [4].

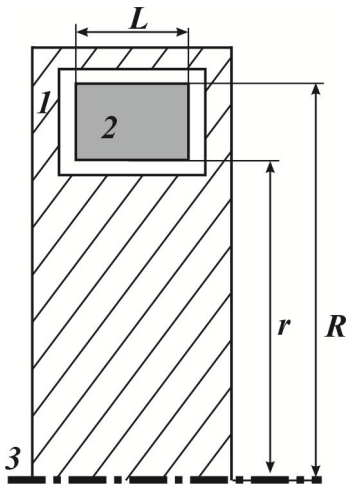


Рис. 1 Схема демпфера
1 – махова маса; 2– корпус; 3 – вісь обертання вала

Проведемо розрахунки для гідродимічного демпфера (рис. 1) - в середину корпусу 1 вставлена вільна інертна маса у вигляді кільця 2 внутрішнім радіусом r та зовнішнім R (від осі обертання) і шириною L. Між маховою масою та корпусом демпфера існує невеликий зазор величиною h між зовнішньою, внутрішньою та торцевою поверхнями, який заповнений дилатантною рідиною. Розрахуємо момент, що виникає у демпфері при крутильних коливаннях.

Згідно означення моменту сили, маємо

$$M = \int \rho dF_{mp} = \int_S \rho K_n \cdot \left(\frac{dv}{dz}\right)^n dS, \qquad (4)$$

де інтегрування проводиться по елементарним площадкам dS, що знаходяться на відстані ρ від осі обертання.

Оскільки величина швидкості $v = \omega \cdot \rho$, а при крутильних коливаннях кут повороту вала змінюється за гармонічним законом

$$\varphi = \varphi_0 \cdot \sin \omega t,$$

де φ_0 – амплітуда крутильних коливань, то для градієнта швидкості отримуємо вираз

$$\frac{dv}{dz} \approx \frac{\rho\, d\varphi}{dz} = \frac{\rho\varphi_0\omega}{h}\cos\omega t\,. \qquad (5)$$

У формулі (5) враховано, що відстань h між поверхнями корпусу та інертної маси мала у порівнянні з розмірами демпфера, тому замінили dz на h.

З врахуванням виразу (5) формула (4) приймає вид

$$M = K_n \int_S \rho \cdot \left(\frac{\rho\varphi_0\omega}{h}\right)^n \cos^n \cdot \omega t \cdot dS\,. \qquad (6)$$

У звичайному конструктивному оформленні демпфера є дві циліндричні поверхні між маховою масою та корпусом демпфера: нижня $dS_н$ та верхня $dS_в$ і дві бокові (торцеві) поверхні $dS_б$. Елементарні площадки вказаних поверхонь (тис.1) визначають як

$$dS_н = 2\pi \cdot r \cdot dL\,,\ \ dS_в = 2\pi \cdot R \cdot dL\,,\ ,\ dS_б = 4\pi \cdot \rho \cdot d\rho\,.$$

В результаті інтегрування виразу (6) отримуємо

$$M_n = 2\pi \cdot K_n \left(\frac{\varphi_0\omega}{h}\right)^n \cos^n \cdot \omega t \cdot \left[R^{n+2} \cdot L + r^{n+2} \cdot L + \frac{R^{n+3} - r^{n+3}}{n+3} \right]. \qquad (7)$$

Знайдемо відношення моменту сили опору, що створює дилатантна рідина ($n \neq 1$) до моменту, який створює нютонівська рідина ($n = 1$).

$$\frac{M_n}{M_1} = C\left(\frac{\varphi_0\omega}{h}\right)^{n-1} \frac{f_{(n)}}{f_{(1)}} \cos^{n-1} \omega t\,, \qquad (8)$$

де $C = K_n / \eta$ визначає сталу даної дилатантної рідини у порівнянні з в'язкість ньютонівської рідини,

$$f_{(n)} = R^{n+2} \cdot L + r^{n+2} \cdot L + \frac{1}{n+3} R^{n+3} - r^{n+3}\,.$$

Для характерних значень крутильних коливань [1] $\varphi_0 = 8 \cdot 10^{-3}$ рад, $\omega = 0{,}5$ рад/с формулу (8) перепишемо у вигляді

$$w = \frac{1}{C}\frac{M_n}{M_1} = \left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{h}\right)^{n-1} \frac{f_{(n)}}{f_{(1)}} \cos^{n-1} \omega t\,. \qquad (9)$$

Величина w визначає ефективність демпфера, заповненого дилатантною рідиною відносно аналогічного, заповненого ньютонівською рідиною.

Проведемо розрахунки параметра w при різних значеннях індексу течії n для демпфера [1]: $R = 383$ мм, $r = 202$ мм, $L = 125$ мм, $h = 0{,}5$ мм. Дані розрахунків (при усередненні косинуса за період крутильних коливань) наведені у таблиці 1.

Таблиця 1. Залежність параметра w від індексу течії n

n	1	2,0	3,0	4,0	5,0
w	1	1,8	4,2	10.8	28,8

Висновки

Проведені розрахунки показують, що при застосуванні дилатантної речовини у демпфері крутильних коливань суттєво зростає його ефективність у порівнянні з аналогічним, заповненим ньютонівською рідиною. При цьому ефективність суттєво зростає при зменшенні величини зазору між корпусом та маховою масою та від індексу течії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Родин П. Т. Регулирование колебаний валопроводов судовых дизельных установок / П. Т. Родин. Диссертация доктора технических наук, Одеса, 1992. – 385 с.
2. Козицкий С.В. Повышение эксплуатационной надежности демпферов крутильных колебаний судовых дизелей // С.В. Козицкий, С.В. Кириян – Судовые энергетические установки. – 2012. – № 30. – С. 146–152.
3. Истомин П.А. Крутильные колебания в судовых ДВС / П. А. Истомин – Л.: Судостроение, 1968. – 304 с.
4. Світлий Ю.Г., Гідравлічний транспорт (монографія) / Ю.Г. Світлий, В.С. Білецький . – Донецьк: Східний видавничий дім, Донецьке відділення НТШ, «Редакція гірничої енциклопедії», 2009. – 436 с.

УДК 621.791.754

Швець О. І.
Національний університет «Одеська морська академія»

Зниження викидів твердих частинок у довкілля при зварюванні металів шляхом додавання сполук калію у захисний газ

Зварювання металів електричною дугою (одна з суднових робіт) завжди супроводжується інфрачервоним і ультрафіолетовим випромінюванням та викидом зварювального аерозолю - твердих і газоподібних токсичних речовин, що надходять в зону дихання зварювальників і мають високу дисперсність (99% частинок розміром менше 1 - 2 мкм). Останній фактор є причиною виникнення професійних хвороб. Ці частинки формуються в результаті конденсації парів металів, тому задача зниження швидкості утворення частинок конденсованої фази у відхідних газах електричної зварки є актуальною.

Зараз можна вважати встановленим [1], що поверхня заряджених конденсованих частинок є джерелом нерівноважної плазмової іонізації, яка визначає середні концентрації електронів та іонів. Це самоузгоджений процес, оскільки концентрація електронів та іонів визначає заряд частинок і, відповідно, впливає на зародження ядер конденсації.

В дослідженнях [2], метою яких було вимірювання швидкості формування частинок димових газів (концентрації частинок), основними деталями експериментальної установки були пристрій для введення розчину калію

(карбонату калію – K_2CO_3) в захисний газ (CO_2) та система аналізу відведеного повітря. Введення калію в захисний газ (CO_2) проводили з використанням пневматичного медичного небулайзера (Vega Technologies Inc.) з сіткою з нержавіючої сталі. Водний розчин водного розчину карбонату калію розпилювався з використанням потоку сухого двоокису вуглецю.

Загальну кількість частинок у зразку зварювального диму вимірювали з використанням лазерного аерозольного спектрометра (LAS-P). Максимальна відносна похибка визначення розмірів частинок та їх концентрації дорівнює 5% і 10% відповідно. Результати цих досліджень наведені на рис. 1.

Для системи зі змінною кількістю частинок диференціал вільної енергії Гіббса записується як

$$dG = -SdT + VdP + \mu dN, \qquad (1)$$

де G - енергія Гіббса, S – ентропія, T – температура, V - об'єм, P – тиск, μ - хімічний потенціал, N - кількість частинок. Розрахунки зміни енергії Гіббса при зміні масової долі калію наведені на рис. 2. Проведені дослідження дають підставу стверджувати, що додавання у захисний газ калію приводить до зменшення швидкості утворення ядер конденсації, отож, зварювального аерозолю, що знижує забруднення навколишнього середовища і токси-

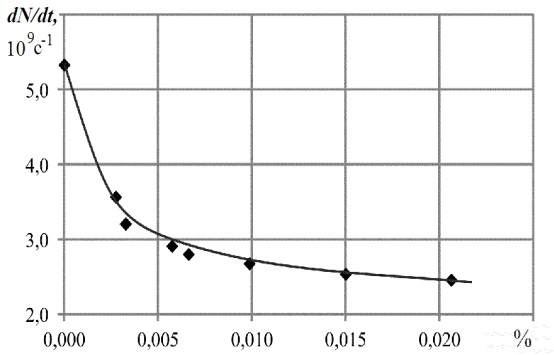


Рис. 1. Залежність швидкості утворення частинок від масової долі калію

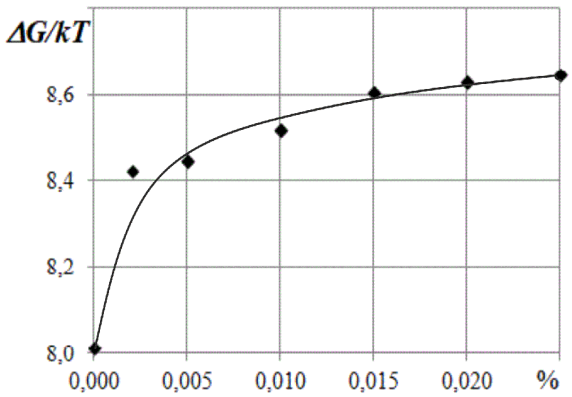


Рис. 2. Зміна вільної енергії Гіббса як функція масової долі калію

кологічні наслідки. Крім того, збільшення потенціалу Гіббса при зміні масо-

вої долі калію (згідно (1)), викликає зростання кількості частинок відповідних оксидів, що зумовлює зниження концентрації озону.

Отримані результати стосуються захисту довкілля та здоров'я працівника, які передбачені «Міжнародним кодексом з управління безпекою» (МКУБ), що з 2000 р. є невід'ємною частиною «Міжнародної конвенції з порятунку людського життя на морі» (9-й розділ SOLAS-74) [3].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Sodha, M. S., & Mishra, S. K. (2011). Validity of Saha's equation of thermal ionization for negatively charged spherical particles in complex plasmas in thermal equilibrium. Physics of Plasmas, 18(1–4), 044502.

2. V.I. Vishnyakov, S.A. Kiro, M.V. Oprya, O.I. Shvets, A.A. Ennan Nonequilibrium ionization of welding fume plasmas; Effect of potassium additional agent on the particle formation, Journal of Aerosol Science 113 (2017) 178–188

3. Международная конвенция о сохранении человеческой жизни на море – СОЛАС – 74 (SOLAS-74), изд. 2008.

УДК 629.5-064: 621.034

Дрозд О.В., Худенко Г.О.
Національний університет «Одеська морська академія»

Суднові ядерно-енергетичні установки на швидких нейтронах

Світлої пам'яті Руденко В.І. присвячується

Ядерно-енергетичні установки (ЯЕУ) дозволяють додати морським суднам якості, які недосяжні для суден з енергетичними установками, що працюють на рідкому паливі. Перш за все це необмежений район плавання при роботі на великої потужності, більш висока швидкість і тривала автономність.

ЯЕУ працюють в більш широкому діапазоні навантажень. Застосування ЯЕУ підвищує загальну продуктивність вантажних суден всіх типів за рахунок зниження повної маси енергетичної установки, яка включає масу самої енергетичної установки і масу палива для неї. Запас палива на рейс становить в середньому 15% маси вантажу, що перевозиться, і складає в середньому 10000 тонн для вантажного судна.

На морських суднах принципово можуть бути застосовані ЯЕУ з реактором будь-якого освоєного типу з використанням паротурбінного циклу. Найбільшого поширення набули двоконтурні ЯЕУ з водо-водяними реакторами під тиском, оскільки вони найбільш відпрацьовані, компактні, прості в управлінні, характеризуються стійкістю до хитавиці та диференту.

В якості головних суднових двигунів в ЯЕУ використовують багатоступінчасті турбіни. До суднових турбін висувають жорсткі вимоги по масі і габаритним співвідношенням. Можлива передача обертання турбіни через редуктор безпосередньо на рушій - гребні гвинти. При механічній передачі в

системі турбіна-редуктор-рушій один з елементів повинен бути реверсивним для забезпечення заднього ходу судна.

Стандартну схему циклу суднової ЯЕУ наведено на рис. 1.

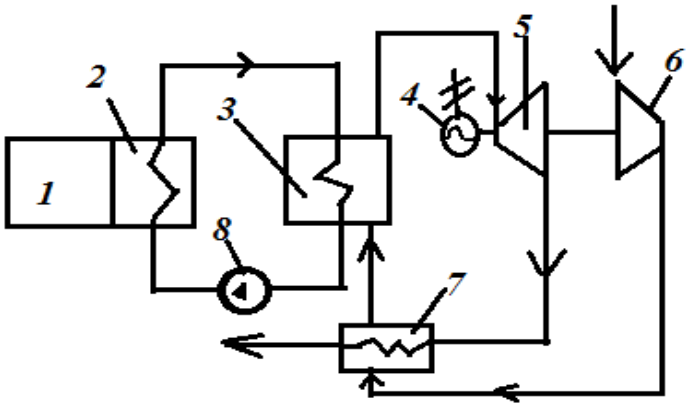


Рис.1. Стандартна схема суднової ЯЕУ

де 1 - активна зона реактора; 2 – теплообмінник паливо-сіль;
3 – теплообмінник сіль-повітря; 4 - електрогенератор; 5 – парова турбіна;
6 - компресор; 7 – регенеративний підігрівач; 8 - циркуляційний насос

Всі суднові реактори, що працювали на суднах до цього часу, містили в своїй основі, незалежно від циклу та типу теплоносія, єдиний тип розпаду:спонтанний розпад на повільних нейтронах 235-го ізотопу радіоактивного елемента урану.

Розглянемо процеси, що набули найбільшого розповсюдження. Як відомо, будь-який атом складається з ядра: протонів та нейтронів. Кількість протонів буде завжди співпадати з кількістю електронів, тим самим роблячи атом елемента електронейтральним, адже заряд одного протону умовно дорівнює «+1» ,а заряд електрону «-1». Таким чином, завдяки сумарному заряду ядра і протонам, з яких воно складається, електрони утримуються на своїх орбітах навколо ядра, займаючи кожен свій енергетичний рівень. Як відомо-заряди різного знаку притягуються, однакового-відштовхуються.

Саме завдяки наявності в ядрі електронейтральних частинок, а саме нейтронів, протони не відштовхуються один від одного.

На рис.2. на прикладі атому гелія (інертний газ) зображено умовний устрій атома.

З ростом числа протонів росте відповідна кількість електронів та заряд ядра. З ростом заряда на одиницю елемент перетворюється в слідуючий за ним у таблиці Менделеєва. Проте, якщо в елементі почне рости кількість нейтронів, тобто збільшиться його атомна маса, а не заряд, на 1 а.о.м.(атомна одиниця маси), елемент залишиться тим самим, проте його називатимуть ізотопом даного елемента.

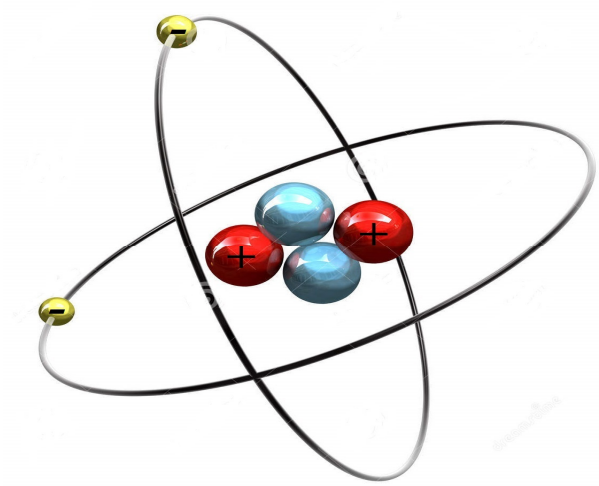


Рис.2. Атом гелія

У більшості елементів таблиці є принаймні один ізотоп, у деяких з десяток, які різняться від первинного елемента лише більшою або меншою кількістю нейтронів. Більшість існуючих ізотопів є радіоактивними, тобто їх ядра розпадаються в деяких випадках за кілька років, а в деяких - за мільйони. Це так званий період напіврозпаду, коли половина атомів даного елемента від заданої маси перетерпіла будь-який з типів розпаду.

Слід зауважити, що після будь-якого розпаду цей елемент перетворюється в інший, або кілька інших. В першому виді він змінює свій заряд і зберігає масу, в другому розподіляється на кілька дочірніх ядер.

Саме останній тип набув використання у будь яких реакторах з повільними нейтронами.

Припустимо, що така реакція тільки розпочинається. Елемент поглинає протон, який загальмований водою або спеціальним розчином. В результаті надлишок енергії поданого нейтрона збуджує атом зсередини і він, коливаючись, розпадається на два елемента з масами, які не сильно відрізняються ,а також випускає два вільних нейтрона. Кожен з цих нейтронів сповільнюється водою обо розчином і стає спроможним продовжити реакцію і бути поглинутим наступним атомом урану-235 задля продовження цепної ядерної реакції.

Другий нейтрон буде поглинутий спеціальним стрижнем для запобіганню неконтрольованій лавиноподібній реакції.

Якщо нейтрон не гальмувати, то він не стане поглинутим, і реакції розпаду 235-го урану не відбудеться: нейтрон просто буде летіти крізь атоми з великою кінетичною енергією і буде намагатися взагалі покинути зону. Таким чином він не виконає свого призначення.

Проте є деяка особливість. Ізотоп 235-го урану існує в природі в приблизній кількості 0,7%. Інші 99 % складає саме ізотоп 238-го урану, який через парність своєї маси (238-парне число) ніяк не хоче захопити повільний нейтрон для подальшого розпаду на два дочірніх ядра та кількох нейтронів.

Схему приблизного розпаду наведено на рис.3. Енергія одного розпаду складає близько 200 Мегаелектронвольт.

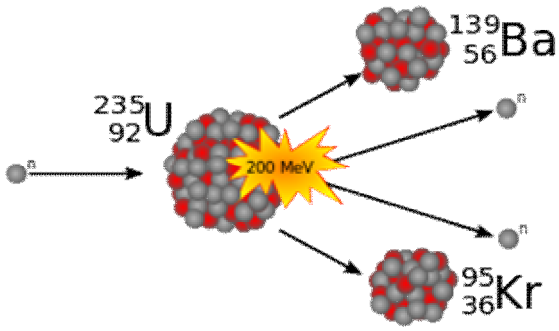


Рис.3. Ділення ізотопу 235-го урану в активній зоні

Отже, донедавна 238-й ізотоп існував поряд з 235-м в активній зоні як домішка і ніяк не реагував з повільними нейтронами. Проте у ядерній енергетиці стався величезний прорив: навчилися перетворювати 238-й ізотоп. Нейтрони розпаду 235-го ізотопу перестали гальмувати і швидкі нейтрони стали здатні увійти в ядра 238-го, роблячи його 239-м плутонієм, після чого він набуває якості 235-го і може бути використаний у стандартній реакції напіврозпаду.

Швидкий реактор складається з двох частин: зони відтворення і активної зони, куди поміщають діоксид урану (UO_2), збагаченого до (17-26) % від 0,7% первинного природнього складу урану-235. Таке збагачення 235-го урану необхідно для запуску реактора. В активній зоні відбувається в основному розподіл урану-235 і плутонію-239. Цей ізотоп плутонію розпадається не гірше за 235-й уран. Активна зона оточена зоною відтворення або бланкетом. У бланкеті розташовано збірки зі збідненого діоксиду урану. Вміст урану-235 в ньому менш, ніж у природному урані. В основному, це уран-238. У бланкеті не потрібно підтримувати ланцюгову реакцію.

Умовне зображення реактору на швидких нейтронах наведено на рис.4.

Рис.4. Умовне зображення реактору на швидких нейтронах

Такий реактор служить для отримання ядер, які потім діляться за допомогою теплових нейтронів. Під дією швидких нейтронів, що вилітають з активної зони, уран-238 в бланкеті перетворюється на плутоній-239.

Після того, як з урану-238 буде напрацьовано достатню кількість плутонію-239, з нього виготовляють МОХ-паливо (PuO2 + UO2), яке буде використовуватися в подальшому. Переробка використаного палива, особливо в бланкеті, типова для циклів в швидких реакторах. Зазвичай, виділений за до-

помогою переробки плутоній вводиться в активну зону як МОХ-паливо. Така переробка палива бланкета може здійснюватися до трьох разів.

Теплоносієм в перших контурах реактора є рідкий натрій. Одним із наслідків застосування натрію в швидких реакторах стало те, що процеси отримання енергії ділення і виробництва плутонію в цих реакторах розділені простором. Нові ізотопи утворюються в бічній і торцевих зонах відтворення, огортають активну зону на зразок ковдри, звідки і пішла їх англійська назва blanket. Основною складністю впровадження швидкого реактору в життя стало саме забезпечення у реальному процесі балансу між нейтронами, що вилітають на великих швидкостях, та їх поглинанням 289-м ураном. Адже не поглинуті нейтрони будуть стрімко прагнути покинути банкетну зону.

Тиск в реакторі тримається трохи вищим за атмосферний, навіть якщо температура натрію близько 600° С. Таким чином, реактор працює під невеликим тиском, що досить безпечно.

Натрій практично не викликає корозію конструкційних матеріалів. Крім того, натрій має прекрасні теплофізичні властивості: добре приймає, проводить і віддає тепло, практично не знижує енергію нейтронів і не є модератором, що притаманно для швидких реакторів.

Активна зона і зона відтворення розташовані в баку реактора. Через активну зону циркулює натрій першого контуру, який розігрівається з 347 до 550 ° С. В теплообміннику він передає тепло натрію другого контуру. Другий контур служить для того, щоб радіоактивний натрій з першого контуру не міг проникнути в другій, а потім і в третій контур.

Теплоносієм третього контуру є вода. Вода випаровується, а пара йде на турбіну.

Слід відмітити, що звичайні теплові реактори набули найбільшого застосування на криголамах. В них теплоносій відбирає більшу частину кінетичної енергії на нагрівання.

Головною перевагою реактору на швидких нейтронах крім повного використання більш, як на 99% потенціалу палива, буде саме спроможність не замінювати відпрацьоване паливо впродовж довгого часу.

На сьогоднішній день існує декілька факторів, перешкоджаючих широкому впровадженню реакторів навіть нового типу. А саме: недосконала технологія виробництва захисних корпусів при виникненні можливих деформацій (вдарного характеру значної сили).

При експлуатації таких реакторів необхідним є поліпшення законодавчої бази судноплавства шляхом введення додаткових поправок та спеціальної підготовки суднових екіпажей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.Матеріали з сайта http://energetika.in.ua .

2.Блан Д.// Ядра, частицы, ядерные реакторы./ Пер.с франц.-М.:Мир,1989.-336 с.,ил.

УДК 629.123

Дулдієр О.П.
Національний університет «Одеська морська академія»

Ефект перемежаємості і відновлена конценрація палива в феноменологічній моделі диффузійного турбулентного спалювання

Сучасні методи побудови математичної моделі процесу дифузійного турбулентного спалювання палива базуються на ефекті перемежаємості характеристик гідродинамічного процесу. Відмінною особливістю цього явища є можливість оцінки динамічних і скалярних характеристик турбулентного потоку через поняття "відновленої концентрації палива" [1].

Принциповим є те, що з'являється можливість отримати феноменологічну модель [2,3] для розрахунку характеристик властивостей турбулентного процесу спалювання палива. Така модель дозволяє знайти експлуатаційні характеристики на базі поля концентрації відновленої концентрації пального як пасивної домішки і, як наслідок, знайти поля концентрацій палива і повітря.

При побудові математичної моделі турбулентного дифузійного горіння використовується концепція механізму турбулентного переносу консервативного скаляра [4] (речовини або температури перегріву) як динамічної інертною домішки. Згідно цього, турбулентне перенесення консервативного скаляра здійснюється конвективною турбулентною дифузією і має градієнтний характер.

В окремих областях турбулентного факелу є турбулентні області з повітрям і з паливом (на виході з паливного пристрою).

В процесі моделювання турбулентного факелу важливим є оцінка основних його експлуатаційних показників – коефіцієнтів повноти спалювання палива та надлишку повітря як функції консервативного скаляра відновленої концентрації палива.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кузнецов В.Р., Сабельников В.А. Турбулентность и горение. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986, 288с.
2. Теория топочных процессов. - Под редакцией Кнорре Г.Ф., Палеева И.И. М.- Л.: Энергия, 1966. – 491с.
3. Дулдиер А.П., Бурденко А.Ф. Математическая модель турбулентного диффузионного горения в топке котла Судовые энергетические установки 2000 – № 5 с.28-31
4. R. Becker and R. Günther The transfer function of premixed turbulent jet flames// Symposium (International) on Combustion Volume 13, Issue 1, 1971, Pages 517-526

УДК.697.94

Ольшамовський В.С., Дулдіер О.П.
Національний університет «Одеська морська академія»

Визначення працездатності компресора з вмонтованим електродвигуном парокомпресійної холодильної установки

У суднових системах комфортного і технологічного кондиціонування повітря в зв'язку з переходом на альтернативні холодильні агенти все частіше використовують герметичні, або безсальнікові компресори. Основні завдання холодильного компресора являються:

- підтримка заданого тиску насичення в охолоджувальних приладах;
- стискування пароподібного холодильного агента від тиску кипіння до тиску конденсації;
- підтримка тиску насичення в конденсаторі холодильної установки.

Все неисправности, які виникають в процесі експлуатації компресорів можно розділити на чотири основні групи:

- неисправності электричної частини;
- неісправності механичної частини;
- неісправності системи змазки;
- комбіновані несправності, включаючі одночасно різні комбінації несправностей.

Для визначення працездатності компресора потрібен інструмент і прилади:

- набір гаечних ключів ріжкових, торцевих і спеціальних, які використовують при обслуговуванні холодильної техніки;
- набір шліцьових і хрестоподібних викруток;
- комбінований електровимірювальний прилад − тестер, для виміру напруги змінного і постійного струму в межах від 0 до 600 В;
- електротехнічні клещі для вимірювання сили струму з різними межами вимірів від 0 до 200 А;
- манометрову станцію;
- набір електричних роз'ємів,
- вимикач (тумблер)

Можливі несправності компресорів з вбудованими електродвигунами:

- обрив обмотки в корпусі компресора;
- міжвіткове замикання в робочої або пускової обмотках;
- замикання обмоток електродвигуна з корпусом компресора;
- неправильне з'єднання обмоток в трифазному електродвигуні компресора;
- поломка всмоктуючого або нагнітального клапана;
- заклинювання рухомих деталей компресора;
- обрив нагнітального трубопроводу (компенсатора) в герметичному компресорі малих холодильних машин;
- підвищений знос поршневої групи;

- нарушення роботи системи змазки.

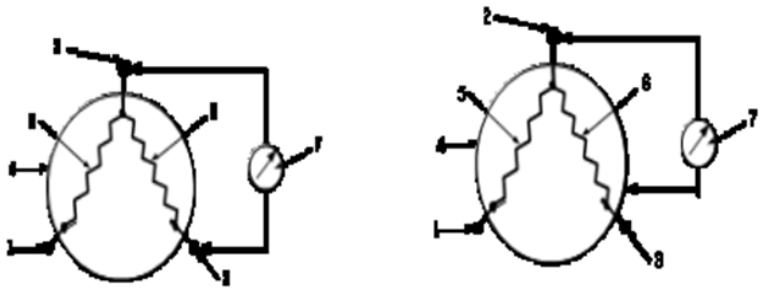
Визначення ускоджень однофазного електродвигуна герметичного компресора виконують в наступній послідовності:

1. відключають всі підведені до прохідних контактів компресора провода, або пуско-захістне реле, в разі наявності на корпусі компресора;

2. виміряють за допомогою омметра активний електричний опір обмоток електродвигуна компресора. (У однофазному електродвигуні використовують дві обмотки – робочу і пускову). Показання омметра необхідно записати на схемі розташування контактів;

3. опір робочої обмотки меньше опору пускової обмотки приблизно в 3 рази (схема з'єднання обмоток однофазного електродвигуна приведена на малюнку);

4. Встановити приналежність прохідних контактів до обмоток електродвигуна, враховуючи те, що робоча обмотка має мінімальний опір, пускова – середнє. Максимальний опір дорівнює сумі опорів робочої і пускової обмоток. Електричний опір буде нижчий за паспортні дані при міжвитковому замиканні робочої, або пускової обмоток, дорівнює нулю при обриві будь-якої обмотки електродвигуна. Омметр покаже опір рівний нескінченності при обриві обмотки.



Де: 1– прохідний контакт робочої обмотки електродвигуна компресора;

2– прохідний контакт робочої і пускової обмоток електродвигуна компресора;

3– прохідний контакт пускової обмотки електродвигуна компресора; 4 – корпус компресора; 5 – робоча обмотка компресора; 6 – пускова обмотка компресора;

7 – омметр.

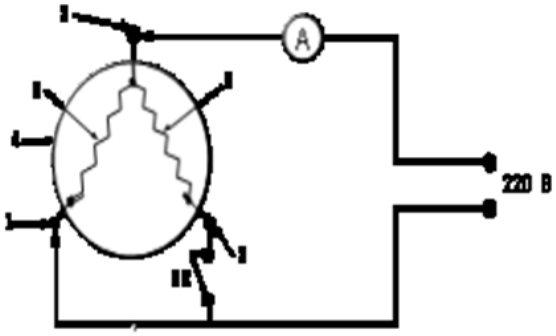
Перевірити опір між обмотками електродвигуна і корпусом компресора згідно приведеної схемі.

При замиканні обмотки на корпус омметр показує малий опір. Якщо обмотка не замкнута на корпус, омметр покаже опір електричному струму більше 500 МОм (безмежно великий опір).

Основним показником працездатності електродвигуна є робочий і пусковий струм. Перед перевіркою працездатності електродвигуна збирають схему приведену нижче. У приведеній електричній схемі амперметр служить для визначення сили – пускового і робочого. Вимикач служить для відключення пускової обмотки електродвигуна після подачі напруги в схему.

Перевірку працездатності електродвигуна здійснюють в наступній послідовності:

• подають живлення (напругу на яку розрахований електродвигун) на прохідні контакти 1,2,3 електродвигуна компресора. Справний електродвигун повинен запуститися. Двигун не запускається в разі заклинювання валу;



• післязапуску електродвигуна розмикають контакти вимикача ВК, тим самим знеструмлюють пускову обмотку, двигун повинен продовжувати працювати;

• фіксують показання амперметра при відключеній пускової обмотці електродвигуна. Показання амперметра відповідають робочому , споживаному електродвигуном;

• порівнюють показання амперметра з паспортними даними електродвигуна. Робочий струм не повинен перевищувати значення номінального струму приведеному в паспорті електродвигуна, або на пуско-захисному реле компресора (електродвигуна).

• за наявності міжвиткового замикання в обмотках електродвигуна споживаний струм перевищуватиме допустимі значення, або не запуститься. За наявності обриву в будь-якій обмотці – електродвигун не запускається.

Ознакою заклинювання рухомих деталей компресора за відсутності інших дефектів є великий струм, споживаний електродвигуном (в 5 – 12 разів більше номінального), електродвигун натужно гуде.

Характерною ознакою обриву нагнітальної компенсуючої трубки в герметичному компресорі є відсутність підвищеного тиску на нагнітальному патрубку компресора при працюючому двигуні і відкритому всмоктуючому патрубку.

Для перевірки стану всмоктуючого клапана компресора необхідно:

• закрити всмоктуючий патрубок компресора;
• приєднати до картера компресора мановакуумметр;
• включити компресор.

При поломаному всмоктуючому клапані компресор не зможе вакуумувати себе.

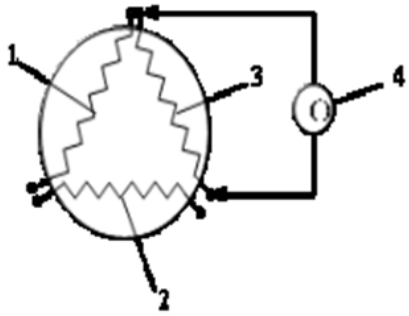
Поломка нагнітального клапана характеризується:

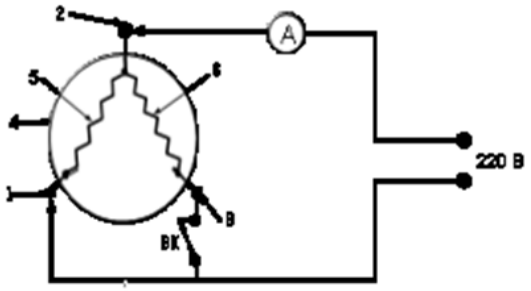
• зниженою продуктивністю компресора;
• високою температурою нагнітання;

• великою швидкістю зниження тиску в нагнітальній порожнині компресора при закритих всмоктуючому і нагнітальному клапанах

Знос пар компресора, що труться, характеризується зниженням холодопродуктивності компресора, підвищеною температурою нагнітання, а також можлива поява стуків

Для визначення працездатності трифазного електродвигуна потрібно визначити маркіровку прохідних контактів, або виводів обмоток електродвигуна. Для цього необхідно від'єднати електродвигун від зовнішньої проводки і від'єднати прохідні контакти, або вихідні дроти За допомогою омметра необхідно визначити активний опір кожної обмотки електродвигуна. Опори обмоток мають бути однаковими. Різний опір обмоток показує те, що в обмотках є міжвиткове замикання. Такий електродвигун експлуатувати не можна. Якщо омметр показує нескінченність, то це говорить про те, що контакти (вивідні дроти) належать різним обмоткам, або обмотка має обрив.





Після визначення активних опорів обмоток електродвигуна необхідно визначити опір ізоляції обмоток електродвигуна за допомогою мегометра. Схема підключення мегометра показана нижче. Опір ізоляції обмоток електродвигуна має бути не менше 0,5 МОм для електродвигунів розташованих на суші, і не менше 2 МОм на суднах. Занижені опори ізоляції обмоток електродвигуна відбуваються в разі зволоження електродвигуна, механічного пошкодження ізоляції, при тривалому перегріві, а також в результаті природного старіння. Електродвигуни, що мають занижені опори ізоляції за рахунок зволоження необхідно просушити.

Електродвигун можна експлуатувати після перевірки значень робочих струмів по кожній фазі, заздалегідь перевіривши напругу в кожній фазі. Напруга по фазах А, В, С і робочій струм електродвигуна по кожній фазі мають бути практично однаковими. Виміри напруги і струм по кожній фазі можна виконувати одночасно або послідовно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Ленгли Б. "Руководство по устранению неисправностей в оборудовании для кондиционирования воздуха и в холодильных установках." Пер. с Англ. М. "ЕВРОКЛИМАТ", 2003. 220 с.

УДК629.12 +621.69

Ольшамовский В.С., Дулдиер А.П. , Галян И.С.
Національний університет «Одеська морська академія»

Анализ возможностей использования альтернативных холодильных агентов в судовых холодильных системах

К началу 1970-х годов мировой рынок хлорфторуглеродов (ХФУ) принял огромные размеры. Поэтому, естественно, возник вопрос о конечной судьбе этих соединений, попадающих в большом количестве в атмосферу

Впервые в международном масштабе проблема регулирования производства и потребления озоноразрушающих ХФУ была поднята Венской Конвенцией по защите озонового слоя в 1985 г.

Дальнейшим важным шагом в решении этой проблемы явилось подписание всеми индустриальными странами Монреальского Протокола в 1987 г., согласно которому по уровню влияния на озоновый слой Земли галоидопроизводные углеводороды были разделены на три группы:

1. ХФУ (CFC) - хлорфторуглероды, которые обладают высоким потенциалом разрушения озонового слоя (Ozon Depleting Potention - ODP).

Озоноразрушающая способность R11 была принята за единицу - ODP = I.

2. ГХФУ (HCFC) - гидрохлорфторуглероды, в молекулах которых содержится водовод (ОРР < 0.05).

3. ГФУ (HFC)-гидрофторуглероды. Эти вещества не содержат хлора, а состоят из атомов углерода, водорода и фтора. Они не разрушают озоновый слой (ООР = О)

В ноябре 1992 г. в Копенгагене на очередной встрече стран-участниц Монреальского Протокола была принята более жесткая редакция этого доку-мента. Более того, на совещании подчеркивалось, что альтернативные (с точки зрения влияния на озоновый слой Земли холодильные агенты должны обладать незначительным влиянием и на парниковый эффект, а само холодильное оборудование должно быть более энергетически эффективным, чем существующее.

Монреальский Протокол установил жесткие экономические ограничения не только на производство и применение ХФУ, но и на торговлю, экспорт и импорт любой холодильной техники, содержащей ХФУ, а также использование ХФУ в новых установках.

В странах Европейского Содружества прекращено производства ХФУ с 1 января 1995 г., а на судах торгового флота запрещено использование хлорфторуглеродов (ХФУ) в холодильных установках для термической обработки и хранения пищевых продуктов и в системах кондиционирования воздуха.

Чтобы продлить эксплуатацию существующих судовых холодильных установок, работающих на CFC холодильных агентах, с минимальными издержками необходимо перезаправить их альтернативными хладагентами, что позволит переоборудовать эти установки с минимальными доработками

и продлить эксплуатацию существующих судовых холодильных установок с минимальными издержками.

Использование хладагентов HFC порождает отдельные проблемы при сборке установок и их обслуживании. Большинство этих проблем существует с хладагентами, но самой природой HFC они усилились. Прежде всего эти проблемы связаны с использованием масел для холодильных систем.

Проблема масел является основной, поскольку при малейшей ошибке компрессор может разрушиться. Используемые до настоящего времени масла с холодильными агентами CFC (R12, R502...) и HCFC (R22...), совершенно несовместимы с альтернативными HFC хладагентами. Поэтому, компрессоры, предназначенные для работы с новыми хладагентами HFC, заправляются специальным маслом, называемым "эфирное масло", в отношении которого необходимо знать следующее – эфирные масла чрезвычайно гигроскопичны. Например, они очень быстро насыщаются влагой. Для увлажнения масла достаточно подержать сосуд открытым в течение 15 ÷ 20 минут. Поэтому, количество воды, которое попадает в контур одновременно с маслом, может оказаться большим. Поскольку смесь эфир + HFC + вода может образовывать крайне агрессивную и опасную фторводородную кислоту, что в свою очередь предъявляет особые требования к герметичности холодильных систем и соблюдению максимальной предосторожности в части обезвоживания при всех работах, связанных с вскрытием холодильного контура. Предосторожности по обезвоживанию при разборке и сборке установки должны отвечать всем правилам и соблюдаться с величайшей строгостью. Для качественного выполнения операций по вакуумированию холодильного контура необходимо иметь штуцера отбора давления расположенный на линии высокого и низкого давления. Вакуумирование необходимо производить через оба штуцера одновременно.

Лучшим методом удаления влаги из холодильных систем, в случае попадания её в холодильный контур, является вакуумирование всей системы не ниже 5 мм. рт. ст. с периодическим наполнением холодильного контура газообразным азотом (не менее 3 раз) и подогревом системы до 30 ÷ 40 ^{o}C.

Операции по вакуумированию должны производиться особенно тщательно, а используемые фильтры-осушители должны иметь максимально возможную производительность (предпочтительно, с антикислотной функцией), чтобы снизить до минимума опасность выхода из строя компрессора.

Эфирные масла не допускают смешивания. Некоторые эфирные масла содержат антиокислительные и (или) противоизносные добавки, которые улучшают характеристики масел. Однако природа этих добавок у различных производителей неодинакова, что может привести к несовместимости масел между собой. Кроме того, при смешивании масел результирующая вязкость смеси становится непрогнозируемой, что может нанести ущерб процессу смазки компрессора. Таким образом, следует избегать смешивания двух различных эфирных масел, опасность чего появляется, главным образом, при доливке масла, даже если эта опасность незначительна.

Однако главная проблема заключается в том, что эфирные масла очень быстро перестают смешиваться с HFC в присутствии масел другого семейства. Потеря смешиваемости происходит особенно быстро, образуются згустки, забивающие масляные каналы.

Следует иметь в виду, что если смешиваемость масла и хладагента ухудшается, то масло, которое нормально циркулирует в установке, теряет возможность возвращения в картер и разрушение компрессора гарантировано.

Максимально допустимое содержание минерального масла в эфирном не должно превышать 1 %. Эфирное масло является более плохим растворителем, но обладает повышенными моющими свойствами. Это означает, что мелкие частицы, которые ранее присутствовали в контуре в растворенном виде, теперь не будут растворяться. С другой стороны, различные загрязнения стенок (нагар, окалина), будут интенсивнее смываться и масло будет загрязняться быстрее. Поэтому качество сборочных работ, особенно при монтаже установки, должно быть безупречным, а сами работы должны проводиться только в среде нейтрального газа − сухого азота во избежание образования окислов метала при пайке и сварке. Используемые фильтры должны быть как можно тоньше, чтобы улавливать загрязнения, причем настоятельно рекомендуется установка фильтра на всасывающей магистрали на время пусконаладочных работ.

По возможности, следует избегать резьбовых соединений в холодильной системе, так как молекулы HFC имеют гораздо меньшие размеры, чем молекулы традиционных хладагентов. В результате, установка, герметичная при работе на CFC (R12, R22, R502...), вполне может оказаться "дырявой" для HFC. По этой причине, сальниковые компрессоры не рекомендуются для работы с HFC.

По этой же причине, предпочтительнее использовать паяные соединения, причем пайку желательно выполнять припоем с повышенным содержанием серебра, так как такие соединения гораздо менее пористые.

Фильтр-осушитель должен быть специальной модели HFC с гораздо более мелкими ячейками, чтобы подходить по размеру к новым молекулам из-за повышенной гигроскопичности эфирных масел. Эти фильтры-осушители зачастую имеют повышенную примерно на 20% поглощающую способность и, желательно, чтобы они выполняли еще функцию антикислотных фильтров.

Смотровое стекло должно быть предназначено для определения степени заправки системы холодильным агентом и одновременно являться индикатором влажности специально для HFC, то есть быть гораздо более чувствительным. Индикатор этого нового типа смотровых стекол должен менять цвет в присутствии гораздо меньшего содержания влаги. Если индикатор поменял окраску, обязательно необходимо проверить кислотность масла, при необходимости, заменить масло и обязательно поменять фильтр-осушитель на антикислотную модель.

Использование хладагентов категории HFC (R134a, R404A, R507A, R410A...) во вновь создаваемых установках требует соблюдения многочисленных предосторожностей и порождает некоторые проблемы. Замена CFC на HFC в существующей установке является сложной операцией, вызванной необходимостью удаления из контура масла и замены на синтетическое, предназначенное для конкретного холодильного агента (для чего потребуется несколько очень тщательных промывок контура), установить комплектующие, предназначенные для работы на HFC. Прежде, чем предусматривать переоборудование судовой холодильной установки, необходимо предварительно очень серьезно изучить технические возможности такого переоборудованияИз опыта эксплуатации холодильных установок на альтернативных холодильных агентах наиболее универсальным оказался холодильный агент R507A. Последовательность действий при переоборудовании холодильной установки должна производиться с сблюдением правил по технике безопасности.

1. Необходимо составить перечень значений рабочих параметров установки при работе на существующем хладагенте .

2. Утилизировать из холодильной системы в отдельную ёмкость весь холодильный агент.

3. Слить масло.

4. Заменить необходимые элементы холодильной системы (ТРВ, фильтры, приборы защиты и управления и др.).

5. Испытать холодильную систему на прочность и плотность избыточным давление и под вакуумом согласно требованиям Правил техники безопасности. Под вакуумом система должна находиться не менее 18 часов. Повышение давления не допускается.

6. Заправить в холодильную систему масло, соответствующее выбранному холодильному агенту.

7. Заправить систему холодильным агентом порядка 70 ÷ 80 % от массы слитого ранее холодильного агента CFC, а затем запустить компрессор.

8. После работы холодильной установки в течение 8 ÷ 12 часов необходимо заменить масло в компрессоре дважды.. При выполнении операций по замене масла в компрессоре нельзя допускать утечку холодильного агента, увлажнение масла и завоздушивание системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. П.Жаккар, С.Сандр."Пособие для холодильщиков практиков". Пер. с Французского. ЗАО "Остров", 2003, 236 с.

2. Бриганти Антонио, "Руководство по техническому обслуживанию холодильных установок и установок для кондиционирования воздуха", Перевод с Итальянского, М., "Евроклимат",2004,312 с. с ил.

3. Патрик Котзаогланиан. "Пособие для ремонтника", перевод с Французского, М.2007, 832 с. с илл.

УДК 621.458

Тымкив А.В.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Пути совершенствования эксплуатации СЭУ

Обзор тенденций развития ТЭ СЭУ показывает, что эффективность работы в основном определяется комплексным подходом к решению технологических, организационных и информационных задач, обеспечивающих безотказную эксплуатацию СЭУ.

Работа любой судоходной компании в современных условиях зависит от ее технической и технологической оснащенности, работы вспомогательных служб и способности компании обеспечить необходимый уровень технического обслуживания и ремонта дизельных энергетических установок ее судов. При этом судоходная компания должна обладать возможностью выбора технологических вариантов технического обслуживания и ремонта агрегатов, обеспечивающих оптимальный уровень топливной экономичности энергетической установки.

В связи с тем, что эффективная работа судоходной компании в настоящее время скорее экономическая категория, чем техническая, то направления развития, связанные с ростом расходов на обслуживание, ремонты и производство запчастей, приводят к значительным экономическим потерям.

Резервы в решении этой проблемы кроются в путях использования информации о параметрах работы СЭУ, разработки новых датчиков, устройств, современных разработок в области информационных технологий, которые дадут новые возможности для получения информации о предстоящих отказах, автоматизации процесса их определения и устранения причин их возникновения.

В то же время ряд особенностей развития современных дизельных энергетических установок требуют как раз расширения производства запасных частей и расширения работ по заводскому ремонту машин и механизмов. К таким особенностям относятся в первую очередь стремление производителей повысить эксплуатационные характеристики судовых дизелей (рост цилиндровой мощности; повышение среднего эффективного давления; совершенствование сис-тем газообмена; повышение максимального давления сгорания и др.) приводит к росту тепловой и механической напряженности их основных деталей, ухудшению работоспособности узлов трения и уменьшению их долговечности.

Важнейшим фактором является непрерывное подорожание топлив и масел, при этом отсутствуют перспективы стабилизации цен на энергетические ресурсы. Это стимулирует использование низкосортных топлив и масел, что в свою очередь приводит к уменьшению долговечности деталей и узлов.

Существенным фактором, с перспективой дальнейшего роста, стал перевод дизелей на смешанное питание “газ - дизель”. При этом Энергетическая

Программа Украины до 2030 года предусматривает увеличение морских перевозок сжиженных газов и, следовательно, увеличения использования газов для питания судов - газовозов.

Обязательное присутствие в большинстве узлов трения судовых дизелей продуктов морской атмосферы, а также рост удельных нагрузок на поверхности трения их деталей, особое значение в последние годы приобрели вопросы влияния водорода на процессы изнашивания деталей. Ситуация осложняется тем, что применение природного газа в качестве топлива приводит к увеличению контакта деталей с водородом и, следовательно, к увеличению роли водорода в изнашивании поверхностей трения. Установлено, что питание дизеля по схеме “газ - дизель” увеличивает экономичность дизеля до 20 %, снижаются выбросы веществ типа Co_x, No_x и диоксинов, вброс водорода в камеру сгорания увеличивается на 30 - 40 %. Развитием таких энергетических установок занимаются все ведущие дизелестроительные фирмы.

УДК 629.5.061.16

Харін В.М., Стукаленко О.М.
Національний університет «Одеська морська академія»

Характерні відмови рульових машин при сумісній роботі насосів регульованої подачі

Режим сумісної роботи насосів вимагає підвищеної уваги до справності дії рульових машин, добрих знань їх конструктивних і експлуатаційних особливостей, а також навичок вмілого їх використання при любих умовах плавання.

Інструкції з експлуатації рульових машин та інші керівні технічні матеріали не накладають жодних обмежень на використання режимів роботи рульових машин. Проведені дослідження виявили деякі характерні явища (автоколивання, порушення синхронності роботи насосів), які слід враховувати при експлуатації.

Розглянемо коротко ситуації, пов'язані з порушенням синхронності роботи насосів. Такі порушення можливі у електрогідравлічних рульових машинах, що працюють у поєднанні з авторульовими типів "Kёpenik", "Decca Pilot 757" та деякими іншими системами управління, що не мають механічних зв'язків між насосами. При належному технічному обслуговуванні цих рульових машин неузгодженість насосів - дуже рідкісне явище, тим не менш воно може виникнути випадково (наприклад за поломки пружин тощо), тому має враховуватися в експлуатації.

На рис. 1 показані характеристики і схеми взаємодії насосів регульованої подачі при порушенні синхронності їх роботи.

Характеристики насосів $q_1 = f_1(e)$ і $q_2 = f_2(e)$ можна зобразити наближено прямими лініями. Вони показують, що подача насосів (вони однакові, як

правило) збільшується із збільшенням ексцентриситету (або кута нахилу люльки) e.

При нормальній роботі насосів їхні характеристики $q_1 = f_1(e)$ і $q_2 = f_2(e)$ збігаються один з одним, і подачі q_1 і q_2 при цьому рівні і однакові за знаком, тобто вони підсумовуються. Якщо виникає неузгодженість ексцентриситетів (або кутів нахилу колисок) насосів Δе, то порушується синхронність їх роботи.

Так, наприклад, у позиції "*а*" $q_1 > q_2$, але знаки їх однакові, і до рульового приводу подається сумарний потік робочої рідини (див. схему "*а*"). У позиції "*б*" $q_1 > 0$, а $q_2 = 0$, к рульовому приводу подається рідина від насоса 1. У позиції "*в*" $q_1 > 0$, а $q_2 < 0$, тобто до рульового приводу подається різниця потоків рідини від насосів 1 і 2, і кермо сповільнює свій рух.

У позиції "*г*" $q_1 = q_2$, але знаки їх різні, отже насос 2 буде повністю споживати подачу насоса 1, а до рульового приводу робоча рідина надходити не буде, і кермо зупиниться в деякому проміжному положенні, не виконавши задану штурвалом команду (див. схему "*г*"). Цієї позиції і схемою взаємодії насосів буде відповідати наступна навігаційна ситуація.

Нехай штурвалом задана команда, наприклад "Праворуч 20°", але руль виконав "Праворуч 10°" і далі практично не йде. Така ситуація оцінюється як відмова рульової машини. При цьому судноводій буде перемикати насоси, прагнучи визначити несправний. Після виключення одного з насосів (наприклад 1) кермо почне переміщатися або до діаметральної площини судна, або далі на правий борт (заздалегідь це невідомо) під дією працюючого другого насоса, що в обмежених умовах плавання може призвести до тяжких наслідків.

Якщо вимкненим виявився несправний насос, то при всіх наступних завданнях штурвала рульова машина буде працездатною. В іншому випадку відмова може продовжуватися, і для його усунення потребує ще одне оперативне перемикання насосів (вимкнути насос 2 і включити 1). Можливо відмова зникне так само несподівано, як і виникла, якщо причиною заклинювання насосів було "легке" заїдання золотника гідропідсилювача, і ніяких поломок (наприклад, пружин) не було.

Навмисно повторити ситуацію такої відмови при добрій навігаційній обстановці, як правило, не вдається. Дії судноводія з оперативного перемикання насосів при такому характері відмови є правильними, але мета буде досягнута швидше, якщо він при цьому добре знає експлуатаційні особливості рульової машини.

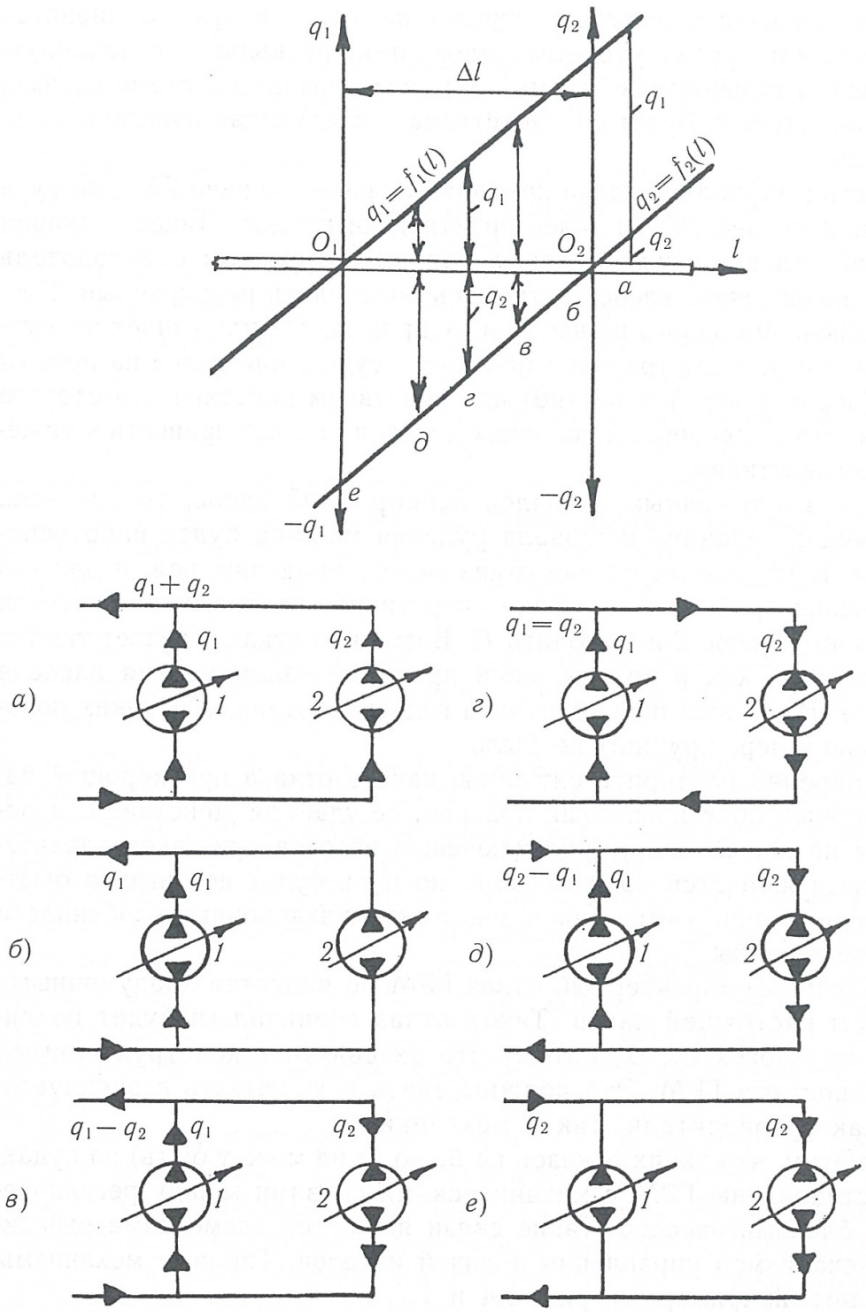


Рис. 1. Характеристики і схеми взаємодії насосів регульованої подачі при порушенні синхронності їх роботи

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Поправки 1981 г к Международной конвенции по охране человеческой жизни на море 1974 года. - М.: В/О « Мортехинформреклама», 1984. – 392 с.

2. Харин В.М. Гидравлические рулевые машины (Пособие для судоводителя). – Одесса: Астропринт, 2007. – 208 с.

УДК 621.431.74

Половинка Э.М., Шерстяников К.А., Моностырский И.А., Заяц А.Н.

Experimental Study of Reduction of NO_x on Diesel Combustion by Using Water Injection Systems

Introduction

Large two stroke diesel engines have a high efficiency and it relates that shipping has low fuel oil consumption and low emission of greenhouse gasses compared to other transportation. However, they have demanded dramatically to reduce harmful regulated pollutants, which are Particulate Matter (PM) and Nitrogen Oxide. In particular, NO_x regulations for marine engines will require NO_x reduction as much as 80% from the level in the first Tier. Many engine designing companies and research organizations in maritime field are investigating the technologies realizing such the low-emission level. Emissions can be controlled either external reduction methods or internal methods. Various technologies such as Exhaust Gas Recirculation (EGR) [1] with a scrubber tank, Exhaust Gas Separation (EGS)[2] from MES Co., LTD and Selective Catalytic Reduction (SCR) [3] have been proposed as external reduction methods for marine diesel engines. Meanwhile, internal reduction methods focus on the combustion process and emission formation controlled by optimization of injection condition including injection pressure, timing and duration as well as technologies such as Water injection and charging gas condition of EGR. From above investigations, it is observed that mixing air with incombustible gases is effective to reduce NO_x emission in the combustion process in the engine. The methods of mixing technology are proposed as water injection, EGR, Nitrogen Enrichment Humidification (NHM). However, mixing large amount of incombustible gases leads misfiring and SFOC penalty. And it is important to inject the water or incombustible gases into fuel-air mixture formation effectively for low NO_x emission and fuel consumption. Some of authors have applied water injection into optical marine test engine [4],[5]. And it was reported that temperature of flame was decreased by optimized water injection timing and duration. FWE and DWI are practical methods of water injection into the cylinder; the former method is to replace the diesel fuel with diesel/water emulsions as an alternative fuel, and the latter is to inject the water directly into the combustion chamber separately from the fuel with two injectors or a single injector. However, optimization of these water injection systems has not been established yet and comparison between these two injection methods has also not been conducted. The main objective of this paper is to observe the combustion of FWE and DWI using Rapid Compression Expansion Machine (RCEM) for optimization of these water injection methods and to reveal the difference of each case.

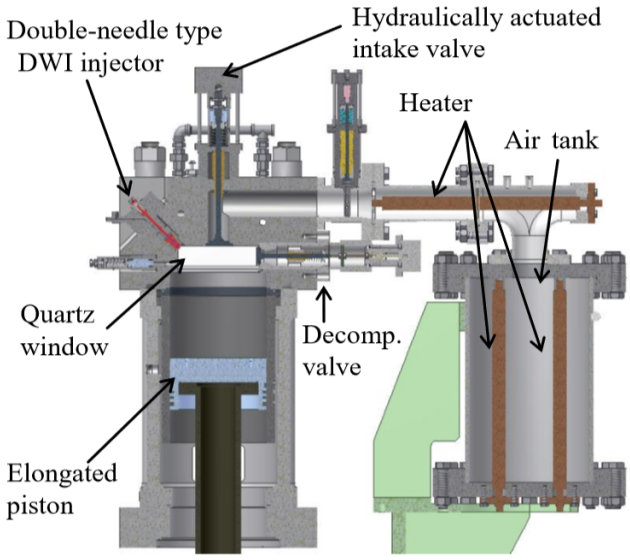


Figure 1 Schematic of RCEM

Table.1 Main specifications of RCEM

Bore × Stroke	ϕ240 mm × 260 mm
Clearance volume (upper, lower)	200 × 66 × 80 mm^3
	ϕ240 mm × t5.4 mm
Compression ratio	9.08
Engine speed	320 rpm
Compression pressure	10MPa
Quartz window	200 × 50 × 100 mm^3
Initial charging conditions	
Pressure	0.81 MPa
Temperature	353 K
Compression Pressure at TDC	10.0 MPa

Experimental apparatus and procedure

To observe the combustion process, a RCEM was used in this experiment. Table 1 shows the basic specifications of the RCEM. Figure 1 shows the schematic of RCEM. The RCEM has a bore of 240 mm and a stroke of 260 mm. Combustion chamber is cubic shaped volume consisted of 200×66×80 and it has three quartz windows on the walls for objective of visualization. Geometrical compression ratio of RCEM is 9.08. An air tank with heats is connected to the intake port of RCEM. The pressure and the temperature of the initial intake air can be controlled respectively in the air tank so that the clearance volume is large enough to observe the behavior of spray and combustion in the actual engine condition. Procedures of its one-shot firing are as follows. First it starts up motoring with its intake valve kept close, and then it actuates the valve only once synchronously with its piston motion immediately after the rating speed is reached, and finally the pre-compressed-heated charge flows into the cylinder, so as to simulate the intake and compression stroke of a real engine. After combustion, CO, CO_2, O_2, THC and NO_x in the burned gas are measured by using exhaust gas analyzer (HORIBA:MEXA7100). The combustion processes were taken by photographs directly using high speed camera (Photoron: Fastcam SA-4). Temperature distribution of DWI combustion was obtained from Photographs analyzed by Two Color Method (TCM). Spatial resolution of photographs is 832×224. In addition, frame rate is 20,000fps and exposure time is 5.8us.

Injection system

Mass of water injection was set to almost 25% of fuel injection mass cause of more water injection mass give rise to the SFOC penalty. Refined water and gas oil were used for water injection and fuel injection respectively. In FWE case, fuel is premixed with 0.1% Glycerin while the water is premixed with 0.9% RHEODOL SP-L 10; whereas percentages refer to the total emulsion volume. The chosen emulsifier guarantees reversible emulsions that can be mixed again after

sedimentation of the water. As shown in Fig. 2, the fuel is slowly mixed to the water before a pump starts circulating the emulsion through a homogenizer, where the emulsion is forced with high pressure to narrow channels, leading to a sharp increase in flow velocity while the pressure declines below the saturation steam pressure, followed by an expansion.

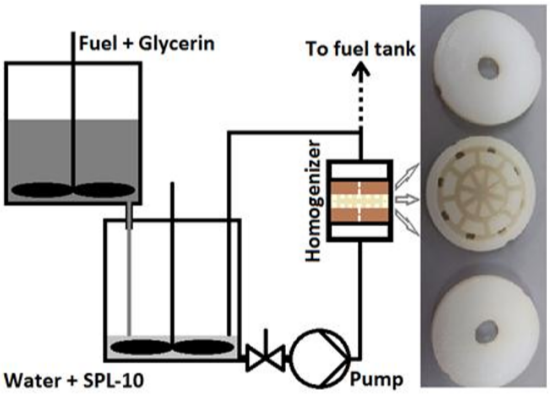


Figure 2 Formation of emulsion

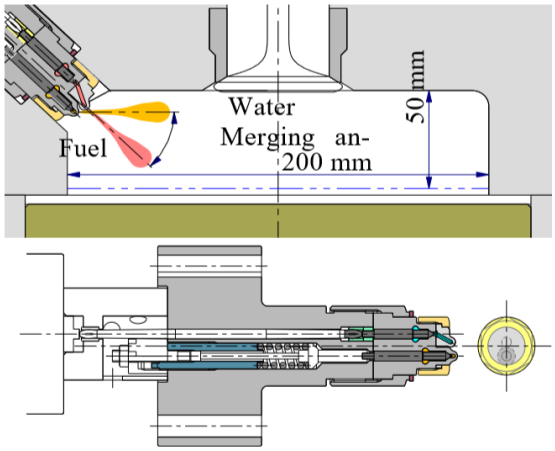


Figure 3 Schematic of DWI injection nozzle

IFigure 3 shows illustration of DWI injector installed on the RCEM. This injector is a double needle type injector which can inject water and fuel closely to merge each other as shown in the figure. Injection rate, timing, duration can be controlled by a linear servo valve through hydraulic intensifier. In each case, FEW and DWI case, increased amount of injection compared with fuel-only injection case was conducted by changing injection pressure or injection duration. In FEW case, water injection was conducted with two ways as shown in Fig.4; one is to inject with longer injection duration keeping same injection pressure as fuel case, and the other is to inject at higher injection pressure adjusting same injection duration as fuel case. On the other hands, DWI injection settled injection pressure of water as almost a half of injection pressure of fuel as shown in Fig.5. Injection timing of water is same as it of fuel and duration is a half of fuel due to inject into a beginning of combustion for prevent a sharp rise temperature of cylinder causing formation of thermal NOx. Injection condition of each case is listed in Table 2. Injection duration of only fuel case of FWE was set shorter than case of DWI due to make a small injection amount to prevent fuel impinging on to the cylinder liner caused from expanded injection duration of FEW.

Experimental result

Figure 6 shows the comparison of apparent heat release rate of DWI case and FWE case. Changes of merging angle in DWI case and changes of injection pressure and duration in FWE are shown in each graph and “fuel” represents only fuel injection without water injection. As can be seen in the graph of DWI case, there is little difference among heat release rate of each case although water was injected. This result is the same trend as high pressure injection of FWE case. This means that 25% water injection mass could not lead to SFOC penalty in any case of this experiment.

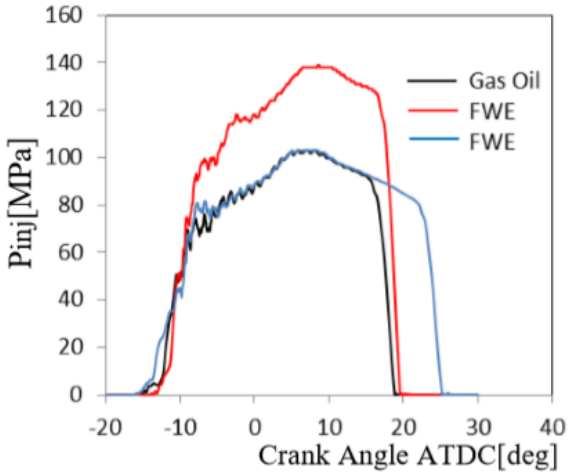


Figure 4 Injection rate in FEW case

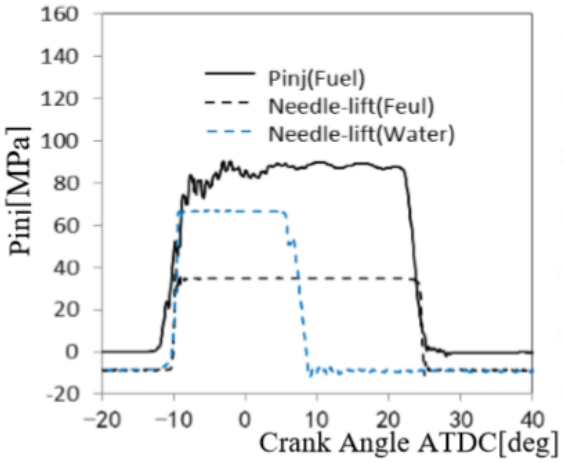


Figure 5 Injection rate and Needle-lift in DWI

Table 2 Injection condition

	FEW		DWI	
			Water	Fuel
Nozzle hole (mm)	0.23			
Injection pressure (MPa)	80	130	30	80
Merging Angle (degree)			0,5,10	
Injection timing (ATDC)	-10			
Injection duration (CA)	35	30	17.5	35
Distance between holes (mm)			7	

There is also little difference with ignition delay. Figure 7 and 8 shows the histograms and images of flame temperature distribution of DWI obtained by two-color method at different water injection angle and without water injection in the same timing. As can be seen in these figures, high temperature distribution area was decrease clearly by injection of water. Especially, temperature dropped at lower portion of flame cause of the water spray exists there. In the water injection cases, the area of high temperature were reduced as MA was increased. However, flame area was spread Penetration of DWI spray was become longer and spread, because momentum of DWI spray was increased due to merge each spray. As a result, the vapor was widely distributed and area of flame was spread.

Thermal NO_x formation is highly temperature dependent and the formation rate is increased exponentially when the temperature is higher. Decrease of a portion of high temperature is more important than reduction of flame area. As can be seen from these figures, a portion of highest temperature in the case “w/o water injection” was largest of all at CA-5deg. However, after CA 15 deg. referring to

termination of water injection, each temperature distributions of other cases were almost same although water vapor remains in the combustion chamber

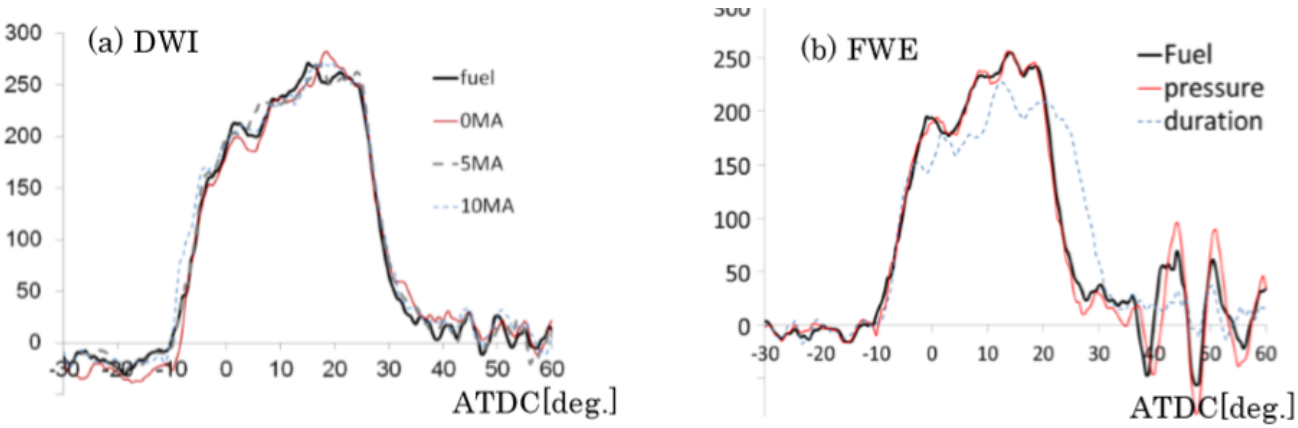


Figure 6 Time history of Apparent Heat Release Rate(AHRR)

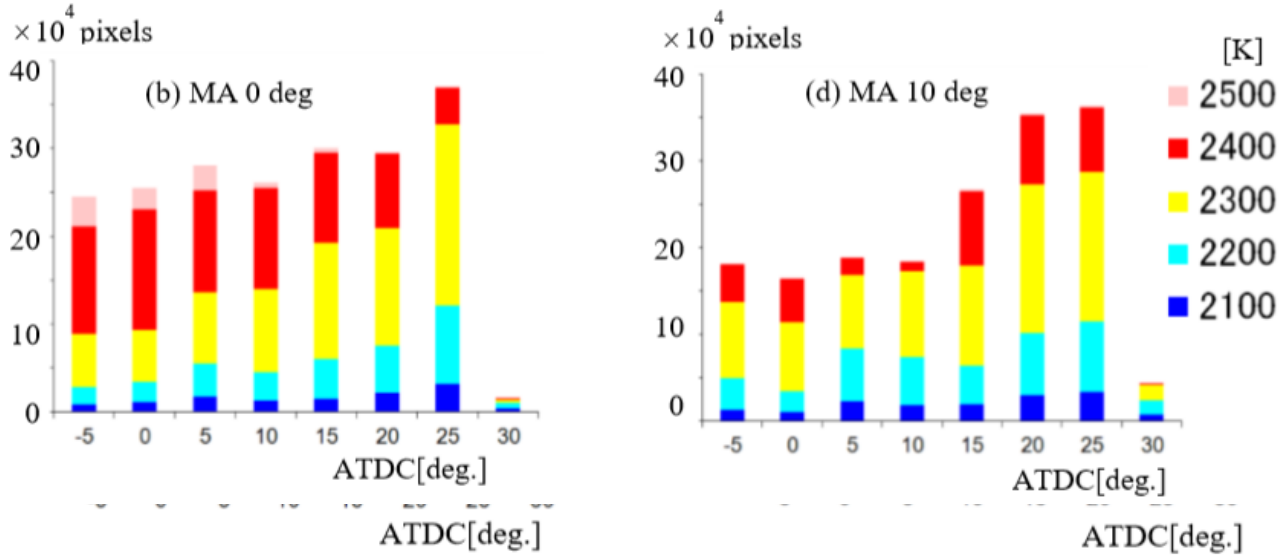


Figure 7 Temperature distribution of the flame at each crank angle

This means water spray cooled the mixture formation by latent heat of evaporation and the lower temperature of mixture formation lead to lower temperature combustion. In cases of water injection, high temperature distribution was dramatically reduced between MA 0deg. and MA 5deg. This shows that the merging of spray is important in DWI spray. Because, MA 0deg denotes that water was injected parallel to fuel injection direction and MA 5deg denotes that water was injected into fuel spray with a slight angle. Therefore Interaction of spray was caused in DWI spray and influences behavior of the spray and combustion.

Table 3 shows NO reduction ratio calculated measured data of burned gas in the closed combustion chamber after one-shot firing. Reduction ratio was calculated from NO of water injection case divided by NO of only fuel case. To prevent the error of cycle by cycle, NO of only fuel case was measured after NO of water injection case each time. Assuming that MA 10 is effective of all cases from the

temperature distribution in the Fig.8, MA 10 resulted in lowest NO reduction ratio calculated from measured data.

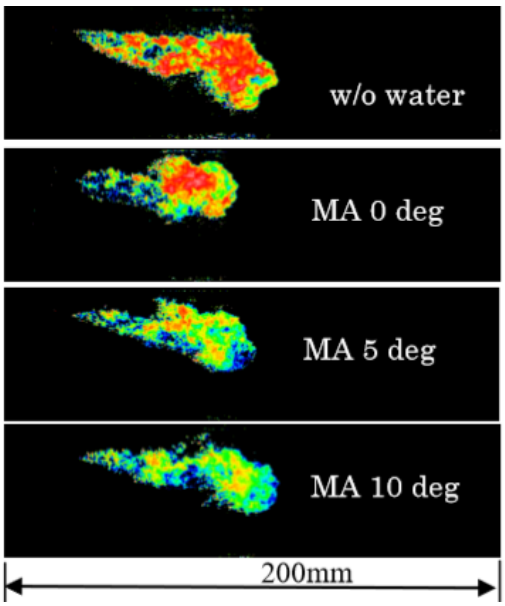


Table 3 Rate of NO reduction at 3 merging angles in DWI

Setting	NO (with water) /NO (w/o water) %
MA 0 deg.	58.4
MA 5 deg.	57.9
MA10 deg.	51.8

Table 5 Rate of NO reduction at 2 injection in FWE

Setting	NO /NO %
High Pres.	59.3
Long duration	57.4

Figure 8 The Images of flame temperature obtained by TCM at -5 deg. ATDC in various merging angle

Conclusion

Two methods of water injection, FWE and DWI, were investigated in this study. For investigation of the effect of NO_x formation by water supplying strategies, spray propagation and combustion process of FEW and DWI system with a double-needle type injector were observed in detail using a RCEM. In this experiment, injection direction of water spray was changed with three patterns in DWI and injection pressure and duration was changed in FWE. Conclusions of this study are follows. Apparent heat release rate of each case has only little difference with same injection amount of fuel during same injection duration although water was injected. From observing flame analyzed by the Two Color Method, high temperature distribution area was decrease clearly by injection of water in both FWE and DWI. Moreover, high temperature of flame in DWI case was reduced as Merging Angle was increased. In the cases of MA10, NO formation was most reduced of all cases. However, it could not reproduce the NO formation in FWE cause of the NO_x model which does not take account of OH radical from water. High temperature area of flame was decreased especially at the spray tip by using FWE method.

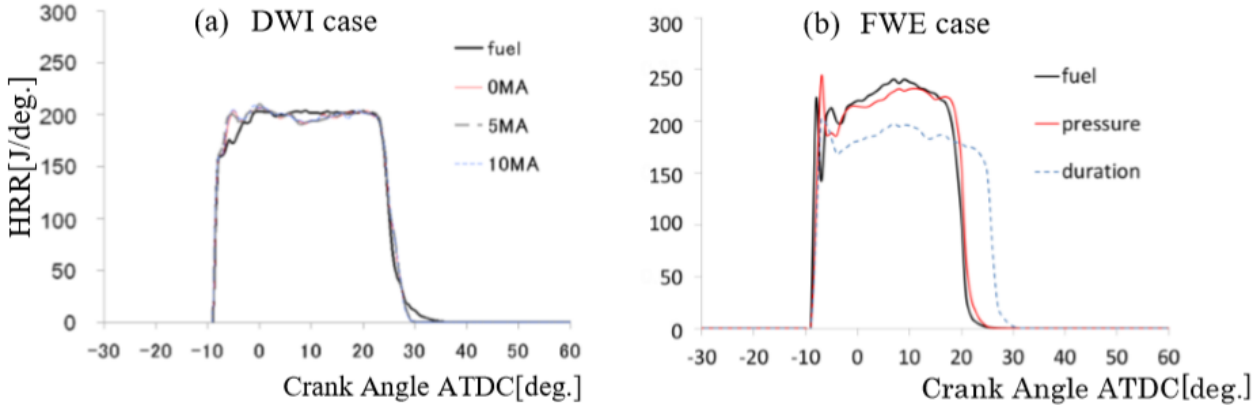


Figure 9 Time history of Heat Release Rate(HRR)

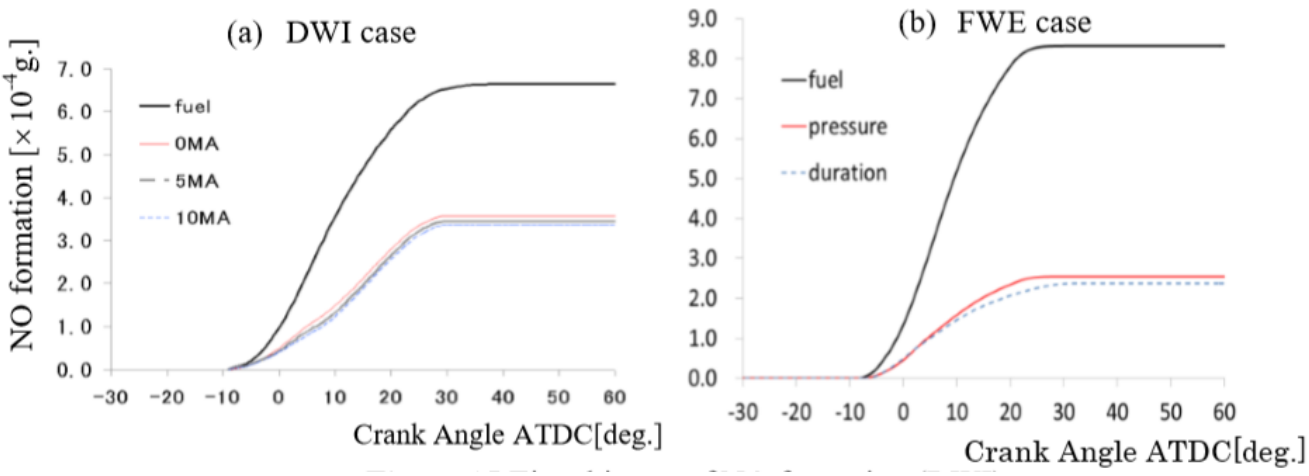


Figure 10 Time history of NO formation (DWI)

REFERENCES

1. Pedersen,M., Andreasen,A. and Mayer,S., "Two-stroke Engine Emission Reduction Technology: State-ofthe- art", CIMAC 2010 , Paper No. 85

2. Takahashi,M., Tanaka,I., and Ohtsu,M., "Study of Exhaust Gas Separation (EGS) System on 2-stroke Engine" CIMAC 2010 , Paper No. 108

3. Niki,Y. et al., "SCR system for NOx reduction of Medium Speed Marine Diesel Engine", CIMAC 2010 , Paper No. 228

4. Takasaki,K., Tajima,H., Strom,A. and Murakami,S., "Visualization of Combustion and CFD Study for NOx Reduction with Water Injection", J. of the JIME vol.41(5),(2006) , pp64-71

5. D. Tsuru, H. Kato, H. Tajima., "Numerical and Experimental Study of Reduction of NOx on Diesel Combustion by Using Water Injection Systems", ICLASS 2012, 12th Triennial International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems, Heidelberg, Germany, September 2-6, 2012

УДК 629.5.064:621.181.002.58

Ермошкин Н.Г., Игнатенко А.А.

Институт Военно-Морских Сил Национального университета «Одесская морская академия»

Опыт эксплуатации систем управления вспомогательных котлов

Учитывая, что вспомогательные котлы КВ1 являются наиболее распространёнными на судах и кораблях морского флота, появилась необходимость обобщить накопленный опыт эксплуатации систем управления вспомогательных котлов. Автоматизированный вспомогательный котёл КВ1 предназначен для обеспечения паром давлением до 2,6 МПа при производительности до 35 т/ч трубопроводов насосов и других потребителей на нефтерудовозах типа «Борис Бутома». Отработавшие газы котла используются в системе инертных газов для заполнения трюмов (танков).

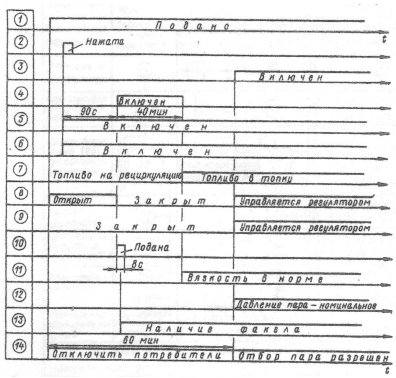


Рис.1. Диаграмма функционирования системы управления при пуске котла

1 - подвод питания; 2-кнопка «ПУСК»; 3- питательный насос; 4- растопочный насос; 5-топливный насос; 6- топливный насос; 7-топливно-рециркуляционный клапан; 8-воздухонаправляющий аппарат; 9- топливный золотник; 10-трансформатор зажигания искры; 11-сигнализатор вязкости топлива; 12-сигнализатор давления пара; 13-сигнализатор горения; 14-световые табло.

В основу СУ котла КВ1, наряду с её электронной элементной базой, положен ряд технических решений, отличающих её от ранее созданных систем:

-в состав СУ введены приборы газоанализа, позволяющие автоматически на стационарных загрузках вести процесс горения на границе дымления, обеспечивая максимальный КПД котла и возможность использования отработавших газов котла в системе инертных газов;

-впервые в отечественной практике СУ осуществляет автоматический пуск судового котла столь большой производительности;

- предусмотрена необходимая информационная сигнализация, существенно облегчающая работу обслуживающего персонала при управлении котельной установкой как во время её эксплуатации, так и в случае контроля исправности, поиска и устранения отказов;

- СУ котла, обладая взаимосвязанными подсистемами, использует наиболее точно информацию от датчиков и сигнализаторов для выработки управляющей функции;

- благодаря применению аппаратуры, имеющей стабильные статические и динамические характеристики, большой диапазон настройки органов регулирования, достигнуто улучшение маневренных качеств котла, постоянство которых гарантируется без проведения частых подрегулировок и настроек. Так, на ранее созданных гидравлических регуляторах для судовых котлов имелась возможность оперативного изменения коэффициента усиления измерителя не более чем на 50%, времени сервомотора от 6 до 60 с, времени изодрома от 0 до 15 с. Применённые резисторы и переключатели регуляторов СУ котла КВ1 позволяют изменять настройку в следующих диапазонах: коэффициента усиления от 0 до 24; коэффициента масштабирования сигналов от 0 до 100%; времени интегрирования от 0 до 500 с (а при необходимости до 2000 с); постоянной времени демпфера от 0 до 24 с, зоны нечувствительности от 0,2 до 2 % входного сигнала;

- осуществление функции контроля, а также конструктивное выполнение всей аппаратуры по блочно-модульному принципу определяют высокую ремонтопригодность системы, простоту поиска и устранения неисправностей.

Показывающие приборы расположены на щите теплоконтроля, который установлен над пультом управления, защиты и сигнализации, и на манометровом щитке, размещённом на переднем фронте котла.

Подсистема логической обработки данных защиты и сигнализации состоит из датчиков, сигнализаторов с электрическими выходными сигналами и пульта управления защиты и сигнализации (УЗС), где расположены органы управления регулирующими клапанами и золотниками, ключи и кнопки режимов работ СУ, табло световой сигнализации, приборы внутреннего контроля и др.. Эта подсистема обеспечивает автоматическое зажигание форсунки котла, подготовленного к работе, подъём давления пара в нём, а также прекращение горения или блокировку пуска при возникновении аварийных значений параметров. В случае ручной растопки котла подсистема контролирует действия обслуживающего персонала и при ошибочной операции блокирует пуск. Диаграмма автоматического пуска котла из холодного состояния показана на рис.1. Подсистема обеспечивает защиту котла по 10 параметрам, предупредительную сигнализацию на местном посту управления по 12 параметрам и обобщённую сигнализацию в дистанционном посту управления.

СУ поддерживает в заданных пределах пять регулируемых параметров котельной установки (давление пара и уровень воды в коллекторе котла, расход воздуха, вязкость топлива, перепад давления топлива на золотнике) во всём диапазоне нагрузок котла от нуля до 100% и обеспечивает бездымное маневрирование котла со скоростью, определяемой потребителями пара, без срабатывания аварийно-предупредительной сигнализации. В случае необходимости может отключить любой из шести регуляторов и перейти на дистанционное управление с пульта УЗС. Кроме того, предусмотрено ручное управление отдельными регулирующими органами с помощью маховичков исполнительных механизмов.

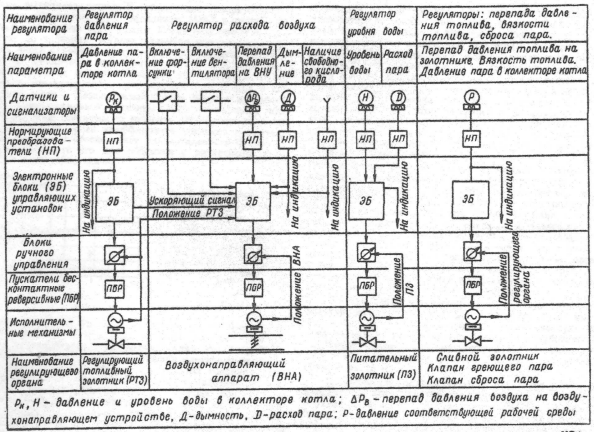


Рис.2. Структурная схема системы регулирования параметров вспомогательного котла КВ1

Структурная схема подсистемы регулирования параметров дана на рис.2.

В СУ котла используется 6 типов блоков АКЭСР, которые выполняют следующие функции управления: алгебраическое суммирование, интегрирование, демпфирование, выделение из нескольких сигналов одного с наибольшим значением, нелинейное преобразование, ограничение функции «сверху» и «снизу », сигнализацию о достижении каким-либо параметром установленного значения.

Блоки АКЭСР установлены в двух шкафах, размещённых в машинном отделении.

Основной частью этой группы является регулирующий импульсный блок (РБИ), который с электрическим однооборотным механизмом (МЭО) преобразует по ПИ-закону входные сигналы в перемещение выходного вала МЭО. Рассмотрим в упрощённом виде процесс регулирования параметра с помощью блока РБИ, бесконтактного реверсного пускателя ПБР, исполнительного механизма МЭО (см. рис.3).

Поступающие на входной модуль 2 блока РБИ напряжения постоянного тока *1* от датчиков, задатчиков и корректирующих приборов алгебраически суммируются операционными усилителями, выполненными на интегральных микросхемах, в результате чего на выходе модуля образуется сигнал рассогласования регулятора ε. Затем на усилителе 4 с высокоомными входами осуществляется процесс вычитания из ε напряжения обратной святи $U_{o.c}$ и в зависимости от знака полученного результата происходит срабатывание нуль-органа 6, что приводит к отпиранию одного из двух выходных транзисторных ключом 7 блока РБИ. При этом на внешние цепи подаётся управляющий импульс, приходящий к открыванию симисторов в пускателе 8, который включает электродвигатель исполнительного механизма МЭО. Происходит вращение выходного вала МЭО и связанного с ним регулирующего органа (на рис.не показан). Одновременно с этим запускается генератор 5 модуля обратной святи, который в соответствии с установленными значениями органов динамической настройки регулятора (коэффициент усиления, время интегрирования и др..) производит через инерционное звено *3* постепенную компенсацию ε напряжением $U_{o.c}$. Происходит запирание выходного ключа 7, отключение генератора 5 и постепенное уменьшение . Механизм МЭО и регулирующий орган в это время неподвижны.

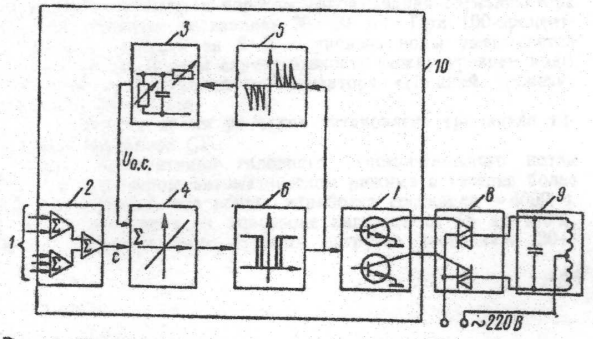


Рис.3. Упрощённая структурная схема регулирования параметра.

1-сигналы датчиков, задатчиков, корректирующих приборов; 2-входной модуль; 3- инерционное звено модуля обратной связи; 4-усилитель с высокоомными входами; 5- генера-

тор модуля обратной связи; 6-нуль-орган; 7-выходные ключи; 8-пускатель ПБР; 9-исполнительный механізм МЭО; 10 –блок РБИ

Когда величина ($\varepsilon - U_{o.c}$) возрастает до значения, устанавливаемого при настройке регулятора, вновь срабатывает нуль-орган и отпирается ключ 7.

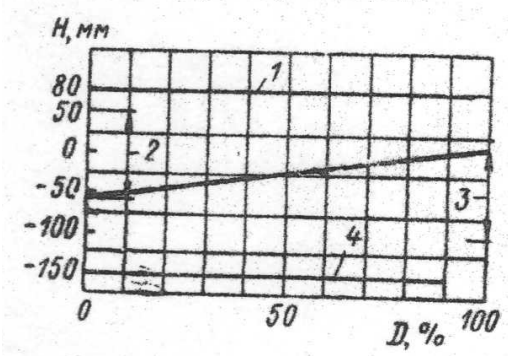


Рис.4. Статическая характеристика регулятора уровня воды.
1-предупредительный верхний уровень; 2-увеличение уровня при наборе нагрузки; 3-«провал» уровня при сбросе нагрузки; 4- предупредительный нижний уровень.

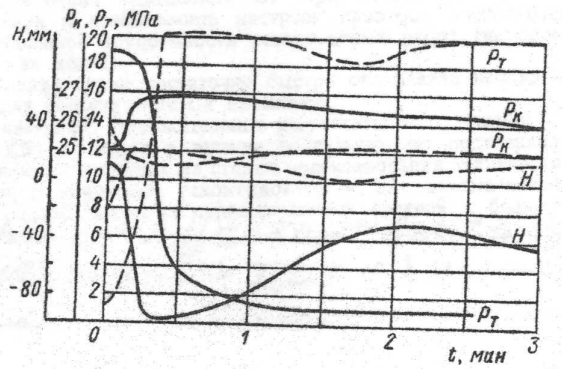


Рис.5. Изменение параметров $P_K H, P_T$

-при уменьшении отбора пара из котла с 35 до 5 т/ч за время 5 с; при увеличении отбора пара с 5 до 35т/ч за время 15 с

Введение сигнала по расходу пара позволило так настраивать статическую характеристику регулятора, что при минимальных нагрузках котла регулятор поддерживает уровень воды в коллекторе на 50-60 мм ниже, а на максимальных нагрузках на 10-20 мм выше оси коллектора (рис.4).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ипатенко А.Я. Главные судовые паровые турбоагрегаты. Конструкции [Текст] : учеб. пособие / А.Я. Ипатенко, А.М. Антонов, В.М. Горбов. – Николаев : НКИ, 1983. – 78 с.
2. Пахомов Ю.А. Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания [Текст] : учебник / Ю.А. Пахомов. – М. : Транслит, 2007. – 528 с.

УДК 629.5.072

Ермошкин Н.Г., Игнатенко А.А., Лукинова В.В.
Институт Военно-Морских Сил Национального университета «Одесская морская академия»

Универсальный ультразвуковой течеискатель

Наиболее распространенным в настоящее время является метод гидравлических или пневматических испытаний. При его использовании в испытуемых системе, объеме или устройстве с помощью жидкости или газа повышается до определенного значения давление, затем после выдержки по изменению давления делается заключение о плотности испытуемого объекта.

Для повышения чувствительности испытаний некоторые объекты испытывают, используя специальные вещества – гелий, фреон и др. В этом случае с помощью приборов, способных обнаруживать эти вещества в окружающей среде, можно зафиксировать малейшие неплотности испытываемых объектов. Однако при этом, наряду с необходимостью иметь для проведения испытаний специальные газы и жидкости, требуется обеспечить возможность доступа ко всей поверхности испытуемого объекта, что не всегда выполнимо, особенно в процессе эксплуатации. Другим недостатком данного метода являются повышенные требования к оснастке для проведения испытаний, которая не должна допускать утечки вещества в окружающую среду, ибо такая утечка может повлиять на объективность постановки диагноза о состоянии испытываемого оборудования.

Стремление избавиться от указанного недостатка привело к разработке в последние годы акустических методов определения неплотности оборудования. Они основаны на регистрации акустических колебаний окружающей или находящейся в испытуемом объекте среды, вызываемых истечением через неплотности, либо – на регистрации механических колебаний поверхности самого объекта, порождаемых той же причиной [1-4].

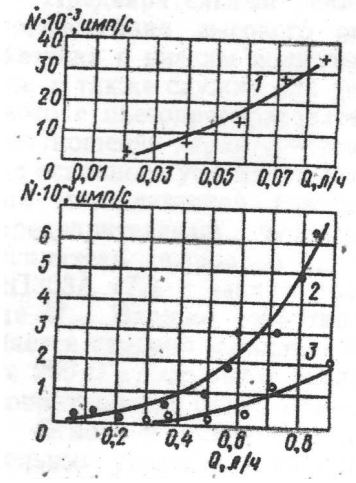


Рис. 1. Зависимость интенсивности ультразвуковых колебаний от величины водяной течи.
1 – давление воды 8,5 МПа; 2 – 0,7 МПа; 3 – 0,4 МПа.

Следует отметить, что наряду с исключительно высокой оперативностью акустических методов, позволяющих практически мгновенно получать ответ

о плотности контролируемых объектов, они обладают и значительно большей чувствительностью по сравнению с ранее рассмотренными [1, 3].

В зависимости от объекта контроля в качестве первичных датчиков для акустических методов контроля используются микрофоны [2, 4] или контактные датчики [1, 3, 5]. Так, контроль за плотностью трубопроводов большой протяженности (нефтепроводы, газопроводы) лучше осуществлять, используя микрофоны, обеспечив им определенные условия работы [4].

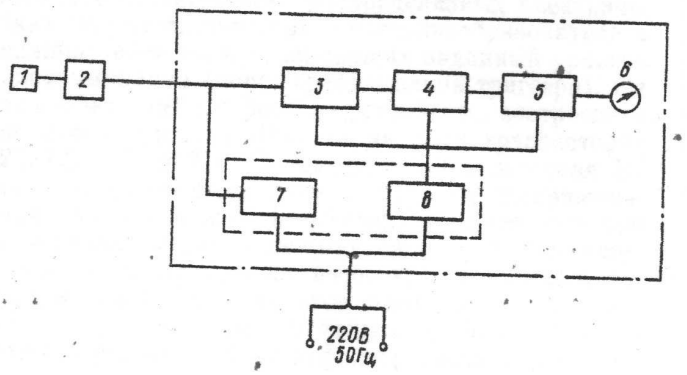


Рис. 2. Структурная схема течеискателя.
1 – преобразователь ультразвуковых механических колебаний (контактный датчик); 2 – предварительный усилитель; 3 – основной усилитель; 4 – фильтр; 5 – интенсиметр; 6 – показывающий прибор; 7, 8 – источники питания.

Исследования показали, что при истечении жидкости или газа существует определенная связь между характером истечения и интенсивностью механических колебаний (N), вызываемых этим истечением. В качестве иллюстрации на рис. 1 представлены зависимости интенсивности колебаний от расхода воды (Q) при ее истечении в атмосферу через различные неплотности трубопровода под давлением 8,5; 0,7 и 0,4 МПа. Таким образом, *наличие* в схеме течеискателя интенсиметра и знание условий истечения (перепада давлений) позволяет характеризовать течь количественно.

С целью получения меньших габаритов прибор выполнен на микросхемах 1УТ401Б. Его принципиальная электрическая схема показана на рис. 3. В качестве преобразователя ультразвуковых колебаний используется пьезоэлектрический преобразователь, конструкция которого рассмотрена в работе [6].

Предварительный усилитель предназначен для согласования высокого выходного сопротивления датчика с низким волновым сопротивлением кабеля, а также служит для усиления сигнала, снимаемого с пьезопреобразователя, с целью улучшения соотношения характеристик сигнала и шума на входе основного усилителя (этой же цели служит также металлический корпус, в который заключен предварительный усилитель). Предварительный усилитель выполнен на полевом транзисторе 2П303А (T_1) с низким уровнем шума и микросхеме M_{c1}. Входное сопротивление усилителя определяется входной емкостью транзистора и при частоте 200 кГц составляет около 0,8 МОм. Его выходное сопротивление равно 200-300 Ом.

Основной усилитель соединяется с предварительным усилителем кабелем, длина которого в зависимости от эксплуатационных потребностей может быть от 1 до 25 м. Основной усилитель – двухкаскадный, выполнен на микросхемах M_{c5} и M_{c7}.

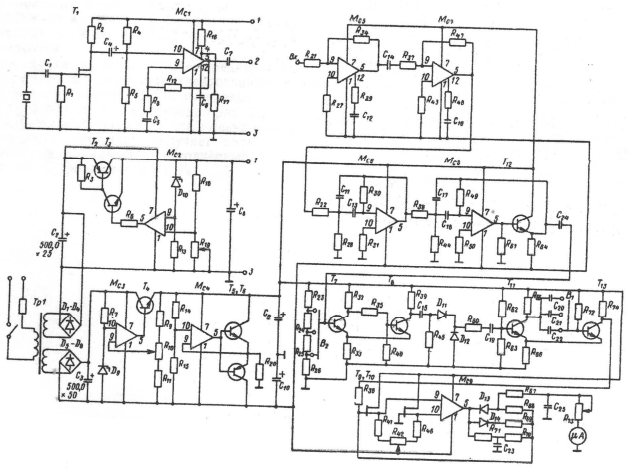


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема течеискателя.

Электрический сигнал после усиления поступает на активный полосовой фильтр, построенный на микросхемах M_{c6} и M_{c8} и имеющий многократную обратную связь. Полоса пропускания фильтра выбиралась с учетом частотных диапазонов и амплитудных спектров эксплуатационных шумов контролируемых объектов и «полезных» сигналов, а также вида амплитудно-частотных характеристик, имевшихся в распоряжении пьезопреобразователей. Двухзвеньевое исполнение фильтра позволило получить плоскую амплитудно-частотную характеристику в полосе пропускания и спад 30 дБ на октаву в полосе задерживания фильтра.

Интенсиметр предназначен для определения количества статистически распределенных электрических сигналов, принятых с пьезопреобразователя в единицу времени и превысивших заданный уровень дискриминации (порог срабатывания триггера). Он включает в себя пороговое устройство, построенное по схеме триггера Шмитта на двух транзисторах 2Т312В (T_7 и T_8). С помощью переключателя В2 (на три положения) меняются уровни дискриминации. Это позволяет, во-первых, осуществлять при измерении амплитудное выделение «полезного» сигнала, когда его уровень выше уровня шума, и, во-вторых, расширить диапазон контролируемых течей. После триггера Шмитта импульсы дифференцируются – положительные отфильтровываются, а отрицательные импульсы подаются на вход одновибратора, построенного на транзисторах T_{11} и T_{13}, с помощью которого формируются импульсы равной длительности. Длительность импульсов зависит от предела измерения интенсиметра и меняется переключателем $B1$. Затем импульсы подаются на детектор средних значений, выполненный на транзисторах T_9, T_{10} и микросхеме – M_{c9}. К выходу детектора подключен показывающий прибор. Применение в схеме интенсиметра детектора дает возможность в случае

необходимости подключать к выходу интенсиметра самописец, осциллограф, спектроанализатор или коррелятор. Это позволяет по виду вероятностных характеристик (спектральной плотности и автокорреляционной функции) определять и классифицировать течь в том случае, когда частотный диапазон и амплитудное распределение эксплуатационных шумов соизмеримы или превышают аналогичные параметры «полезного» сигнала. В качестве примера такого случая на рис. 4 приведены значения автокорреляционных функций эксплуатационных шумов контролируемого объекта и механических колебаний контролируемого объекта, вызванных теми же эксплуатационными шумами и истечением.

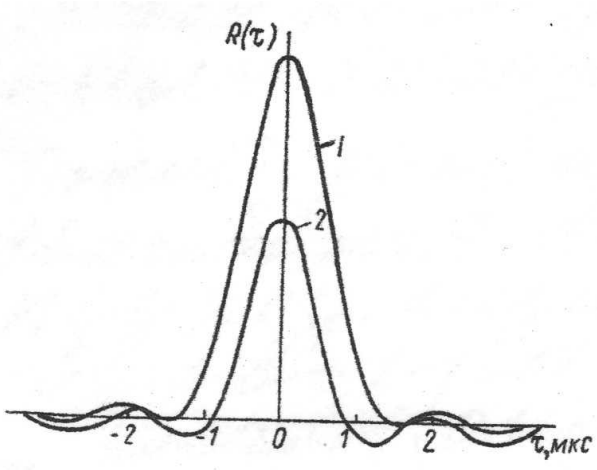


Рис. 4. Автокорреляционные функции механических колебаний контролируемого объекта, вызваны истечением и эксплуатационными процессами (1) и только эксплуатационными процессами (2). *R* – автокорреляционная функция; τ - время.

Все блоки прибора, кроме предварительного усилителя, питаются от стабилизированного источника питания частотой 50 Гц, выполненного на микросхемах M_{c8} и M_{c4} и транзисторах T_4, T_5, T_6. Предварительный усилитель для уменьшения фона от основного источника получает питание через специальный стабилизатор, выполненный на микросхеме M_{c2} и транзисторах T_2, T_3.

Основные технические данные течеискателя

Общий коэффициент усиления (совместно с предварительным усилителем)	$5 \cdot 10^5$
Коэффициент усиления предусилителя	50
Уровень шума, приведенный ко входу предварительного усилителя, мкВ	0,8
Уровни дискриминации, В	0,25; 0,7; 2,0
Пределы измерения интенсивности, имп/с	$2 \cdot 10^4$; $1 \cdot 10^5$; $2 \cdot 10^5$
Полоса пропускания фильтра, кГц	70
Частота среза нижних частот, кГц	170
Частота среза верхних частот, кГц	240
Напряжение источника питания, В	220

Частота источника питания, Гц	50
Максимальная потребляемая мощность, Вт	10
Габариты, мм	100×110×30

0

В заключение отметим, что интенсивность ультразвуковых механических колебаний является наиболее информативным параметром при оценке с помощью сигналов акустической эмиссии таких физических процессов, как разрушение материала, кипение, кавитация и некоторые другие [5]. Поэтому рассмотренный здесь прибор является многоцелевым и может быть использован для изучения параметров механических колебаний, вызываемых перечисленными физическими процессами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Столин В.Е. и др. Основные направления и перспективы развития ультразвуковой шумодиагностики в дефектоскопии. – «Дефектоскопия», 1971, № 4.
2. Селиверстов М.И. Акустический течеискатель. – «Приборы и системы управления», 1973, № 6.
3. Бырин В.Н. Акустическая эмиссия и техническое диагностирование. – «Приборы и системы управлния», 1976, № 11.
4. Pattent England, cl. G 01M 3/24, № 1349120, 1974.
5. Бырин В.Н. Использование акустической эмиссии для диагностики состояния промышленных объектов. – “Измерения, контроль, автоматизация”. 1977, вып. 3(11).
6. стандартов, 1976.

УДК 629.5.035.5/.064.5

Ермошкин Н.Г., Слободянюк Н.В.
Институт Военно-Морских Сил Национального университета «Одесская морская академия»

Развитие системы с котрроторными электродвигателями для привода соосных гребных винтов

Развитие соосных систем гребных винтов не только находит всё больший интерес в судостроении не только в торговом флоте, но и в ВМС особенно на надводных лодках. Перспективное развитие систем электродвижения с конрроторными электродвигателями для привода соосных гребных винтов на судах морского флота.

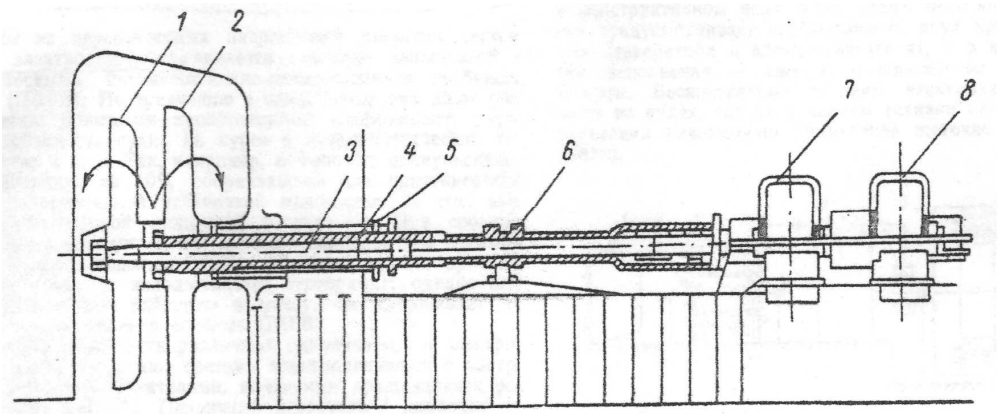


Рис. 1. Принципиальная схема валопровода с соосными винтами противоположного вращения.

На рис. показана схема валопровода при кормовом расположении МО с соосными винтами 1 и 2. Винт 1 закреплён на гребном валу 3, который вращается в полом валу 4. На валу 4 закреплён винт 2, вращающийся в обратном направлении. Дейдвудная труба5 и подшипник 6 служат опорами для системы полых валов, в которых расположены подшипники внутренних валов. Упор, создаваемый винтом 1, воспринимается упорным подшипником 7, а упор винта 2-упорным подшипником 8. Как видно, валопроводы соосных винтов противоположного вращения имеют более сложную конструкцию, что ограничивает их применение. Для привода винтов противоположного вращения могут быть использованы зубчатые, электрические и гидравлические передачи.

В нашей статье рассматривается одно из перспективных направлений развития систем гребного электродвижения в котором является создание движителей с двумя соосными, противоположно-вращающимися гребными винтами (ПВГВ). По сравнению с одиночными они дают ряд преимуществ: повышают пропульсивный коэффициент; улучшают устойчивость судна на курсе и виброакустические характеристики и т.д. Так, например, повышение пропульсивного коэффициента на 10 % оборачивается для контейнерного судна с газотурбинной установкой мощностью 22 тыс. кВт значительной годовой экономией топлива. При соосных винтах можно обходиться без длинных валопроводов и сложных редукторов, используя два обычных малооборотных электродвигателя (с неподвижными статорами); однако они имеют значительные габариты и массу, что сдерживает их применение для привода соосных ПВГВ.

Устранить недостатки различных механических и электрических передач позволяют системы электродвижения с контрроторными электродвигателями, имеющими вращающиеся ротор и статор (рис. 1). Первичный двигатель 1 приводит во вращение ротор 2 синхронного генератора, напряжение со статорной обмотки 3 через блок управления 4 и щеточно-контактное устройство 5 подводится к контрроторной обмотке 6 электродвигателя; котрротор 7 и ротор 8 электродвигателя вращают соосные винты 9 и 10 и противоположные стороны.

Машинная постоянная, характеризующая степень применения активных материалов, для контрроторных электродвигателей определится так

$$C_a = \frac{D^2 l(n_p + n_{kp})}{P},$$

где D,l - диаметр и длина якоря;

P - мощность машины;

$n_{p,} n_{kp}$ -частота вращений ротора и контрротора.

Очевидно, что в таких машинах вследствие вращения контрроторов использование активных материалов вдвое эффективнее, чем обычных.

Двукратное увеличение частоты вращения ротора относительно контрротора (рис.2) позволяет значительно (в 1,5 – 1,7 раза) уменьшить наружные диаметры громоздких гребных электродвигателей, а также соосных валопроводов и винтов. Применение котрроторных электродвигателей с улучшенными массогабаритными показателями, а также отсутствие сложных редукторов и длинных соосных валопроводов позволяют свободно размещать на судах основные элементы системы электродвижения. Эти машины обладают ещё одним ценным свойством – малой длительностью электромеханических переходных процессов, что подтверждено исследованиями на экспериментальной установке мощностью 50 кВт . Это объясняется следующим обстоятельством: суммарный момент инерции элементов ротора электродвигателя с неподвижным статором больше любого из двух суммарных моментов инерции вращающихся элементов контрроторного электродвигателя.

Системы электродвижения проектируются сейчас в основном на переменном токе (исключение составляют некоторые типы судов с высокими маневренными качествами, например, ледоколы), и преимущества таких приводов достаточно широко известны. Плавное изменение частот вращения ротора и конрротора электродвигателя при хороших экономических и регулировочных характеристиках обеспечивается амплитудно-частотным методом. Во всех системах (рис.4) осуществляется электромагнитное редуцирование частоты вращения их элементов.

Основной недостаток контрроторных электродвигателей – наличие щёточно-контактного устройства, необходимого для подвода рабочей мощности к котрротору. Устранить его можно с помощью установки дополнительной асинхронной машины, механически связав её ротор с котрротором электродвигателя или контрроторным генератором при механической связи контрроторов. Схема с асинхронной машиной обеспечивает почти трёхкратное сокращение протяжённости гребных валопроводов, позволяет избежать отверстий в корпусе и уплотнений для гребных валов при размещении электромашин в капсулах судна. Однако у таких систем есть существенный недостаток: значительное увеличение массогабаритных показателей электрооборудования.

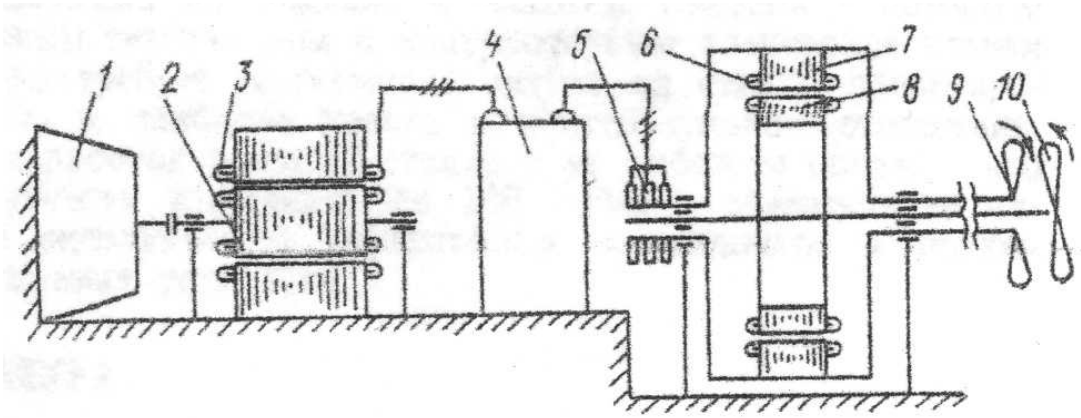


Рис.2. Принципиальная схема системы гребного электродвижения с контрроторным электродвигателем.

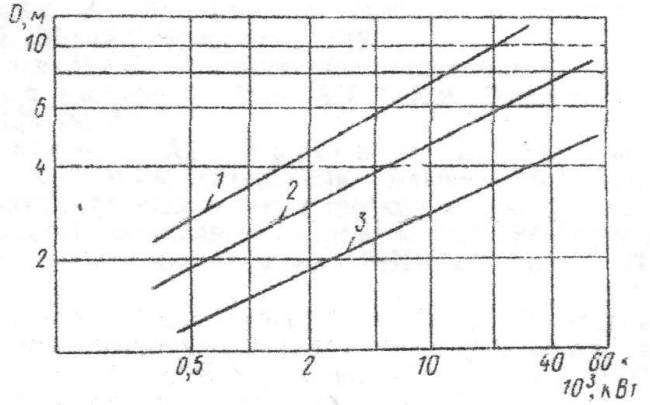


Рис.3. Расчётные зависимости наружного диаметра от частоты вращения ротора относительно контрротора и мощности контрроторных электродвигателей переменного тока частотой 50Гц

1,2,3 – соответственно при 125, 250 и 500 об/мин

Опыт показывает, что наиболее простой в конструктивном отношении является система с контрроторным электродвигателем (см. рис.2), которую практически можно реализовать в двух вариантах (см. рис. 4): с первичным регулируемым нереверсируемым двигателем, когда статорная обмотка синхронного генератора и контрроторная обмотка синхронного или асинхронного двигателя соединены посредством переключателя порядка чередования фаз (схема Г-КЭД); с первичным высокооборотным нерегулируемым двигателем, когда обмотки генератора и электродвигателя соединены с помощью тиристорного преобразователя частоты (схема Г-ПЧ-КЭД). Реализация первого из них сопряжена со сложностью изготовления и невозможностью обеспечить работу.

СЭД-система электродвижения; *ПД*-первичный двигатель; *Г*-генератор; *КЭД*-котрроторный электродвигатель; *ПЧ*-преобразователь частоты; *АМ*-асинхронная машина;*КГ*-контрроторный генератор; *ЭД*-электродвигатель первичного двигателя в оптимальных режимах; второй вариант свободен от этих недостатков, но ему присущи сложности в изготовлении и эксплуатации тиристорного преобразователя частоты.

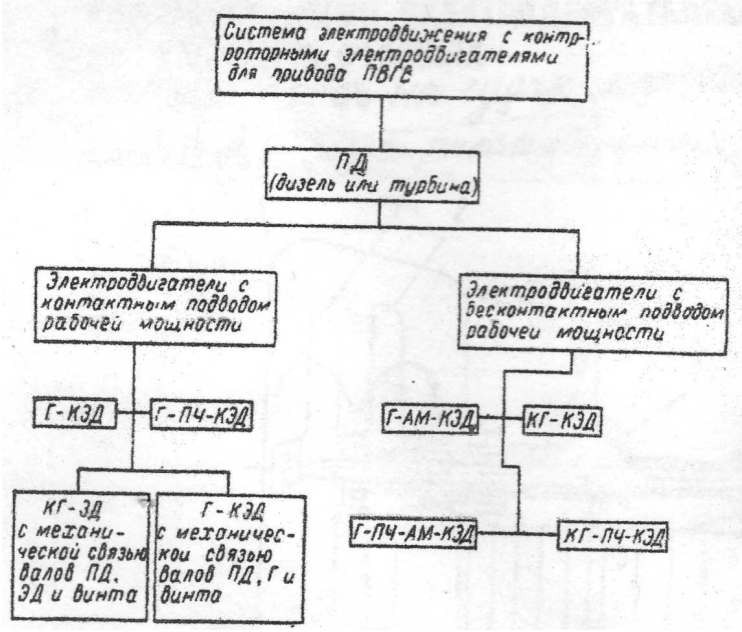


Рис.4. Схемы применения контрроторных электродвигателей переменного тока.

Наиболее перспективной представляется система электродвижения, состоящая из высокооборотного синхронного генератора, безредукторно соединённого с первичным двигателем, тиристорного преобразователя частоты с непосредственной связью и контрроторного электродвигателя. Применение промышленных тиристоров с водяным охлаждением (тип ТЗ-500) позволяет получать массогабаритные показатели 1-0,1 кг/кВт и 2-0,25 дм^3 для управления двигателями мощностью от 0,5 до 20 тыс. кВт. Следует подчеркнуть что основные теоретические положения по расчёту установившихся и переходных значений токов, моментов и частоты вращения элементов систем с контрроторными электромашинами, в том числе и с преобразователями частоты, подтверждены экспериментально на макетах и моделях. Так, например, для подтверждения технической целесообразности применения схемы Г-ПЧ-КЭ была проведена поисковая расчётно-конструкторская разработка установки мощностью 15 тыс. кВт; при этом коэффициенты полезного действия и мощности достигали соответственно 96% и 0,75, масса контрроторного двигателя составляла 24 т.

Выводы: Системы электродвижения с контрроторными машинами обеспечивают в большинстве случаев свободную компоновку основных механизмов в машинных отделениях, что объясняется отсутствием длинных валопроводов и сложных редукторов, а также малыми габаритами и массами контрроторных электродвигателей. Соосные валы приводятся в движение контрроторным гребным электродвигателем, мощность к его котрротору подводится с помощью щёточно-контактного устройства или бесконтактно. Основные теоретические положения уже подтверждены экспериментальными исследованиями на моделях и макетах. Система с обычным синхронным генератором и контрроторным электродвигателем не только требует наименьших затрат на стадии проектирования, но и наиболее проста в кон-

структивном отношении. Опыт разработок в нашей стране и за рубежом показал, что малая частота вращения (до 200 об/мин) обеспечивает надёжную эксплуатацию двухслойных подшипников и щёточно-контактных устройств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Meier-Peter. Maschinenbauliche Gesichtspunkte beigegenlaufigen Antriebssystem fur seegehende Handelsschiffe.-Hansa, 1972, N 14.
2. Хайкин А.Б. Динамика гребных электрических установок. Л., Морской транспорт, 1962.
3. Урусов И.Д. Контрроторная бесконтактная электромеханическая система. – Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт, 1974, № 3.
4. Алесеев С.А., 3. Урусов И.Д., Парфёнов Э.Е. Синхронно-асинхронный машинно-вентильный каскад для электропривода соосных гребных винтов. Электрические машины. Исследования электромагнитных, тепловых и механических процессов. – Труды ВНИИэлектромаш. Л., 1977.
5. Fukuo Shibata. Kawasaki electromagnetic transmission. Shipbuilding and Marine Engineering International, January/February, 1976.
6. Копылов И.П., Рычков Е.В. Исследование асинхронного двигателя двойного вращения на аналоговых вычислительных машинах.- Электротехника, 1971, №4.
7. Симоненко А.С. Асинхронно-синхронный каскад с синхронной машиной двойного вращения.- Изв. Высших учебных заведений. Электромеханика, 1974, № 11.

УДК 629.5.064 – 843.8

Зленко С.О., Сапіга В.В.
Інститут Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія»

Методика пошуку відмови елемента в паливної системі газотурбінного двигуна

Важливим елементом енергетичної установки судна чи корабля (далі, судна), технічний стан якого безпосередньо впливає на його безпечну експлуатацію є головна енергетична установка. Звичайно, відмова будь-якого елементу головної енергетичної установки має суттєвий вплив на функціонування та безпеку судна. Оскільки найбільш складним елементом головної енергетичної установки є головний двигун, то його відмова безпосередньо тягне за собою втрату ходу і керованості судна у випадку одновальної установки. При багатовальній установки судна наслідки відмови можуть бути не такі великі, але залишаються серйозними, тому що судно обмежено може функціонувати за своїм призначенням. За даними роботи [1] відносна частота втрати ходу і керованості досягає значення 0,51, при цьому в 56,9% випадків це пов'язано з відмовою головного двигуна (рис. 1). Цей факт також під-

тверджується дослідженнями, що були проведенні раніше японським дослідницьким інститутом морського флоту [2], а саме, відносна кількість критичних ситуацій з судами через відмову головного двигуна становить – 64%, в той час як через відмову систем управління – 12%, допоміжного обладнання – 8 %, а для інших елементів судна ще менше. Таким чином, головний двигун є джерелом підвищеної небезпеки, його відмова, як правило, викликає аварійні події і може призвести до значних матеріальних втрат.

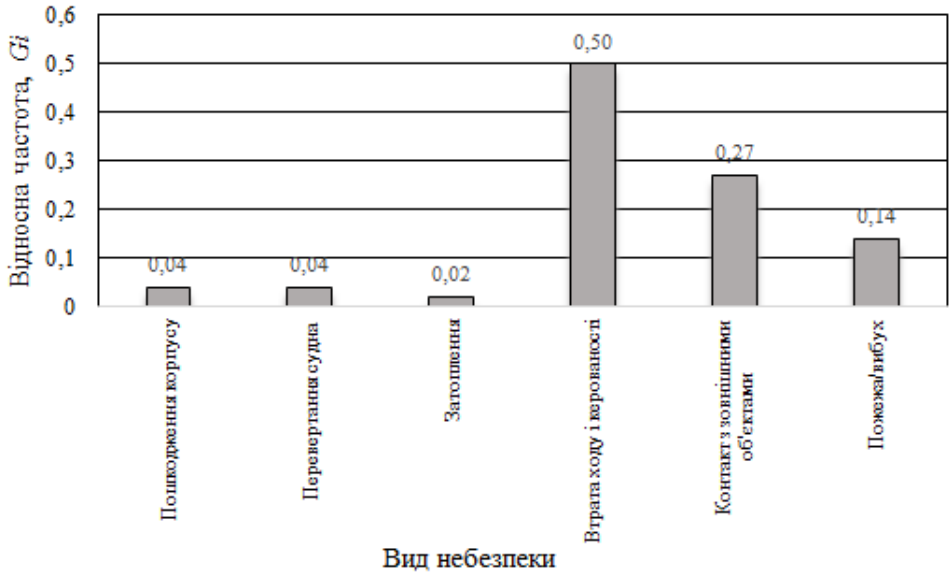


Рис. 1. Розподіл відносної частоти аварійних випадків за видами небезпеки

Враховуючи то що газотурбінні двигуни в якості головних двигунів за рахунок своїх переваг, а саме, значної потужності, яка заключена в невеликих ваго-габаритних показниках, знайшли застосування на військових кораблях, судах з динамічним принципом підтримки, вантажно-пасажирських поромах та ін. Безпечне функціонування газотурбінного двигуна в більшості своєму залежить від працездатності систем, що його обслуговують, але серед даних систем є система, яка не тільки виконує певні функції, але приймає участь у керуванні режимами роботи самого двигуна, це паливна система двигуна. Паливна система газотурбінного двигуна (рис. 2) призначена для подачі палива в камеру згоряння на всіх режимах роботи двигуна і додатково забезпечує: дозування палива в процесі запуску двигуна, що забезпечує автоматичний вихід його на режим холостого ходу; дистанційне керування робочими режимами; автоматична підтримка постійної об’ємної витрати палива на заданих режимах роботи; зниження витрати палива під час включення в роботу системи термообмеження; обмеження максимальної витрати палива; припинення подачі палива при нормальній, екстреній і аварійній зупинках [3].

З огляду на вищесказане, “відмова” елемента паливної системи газотурбінного двигуна є подія, яка полягає у втраті об'єктом здатності виконувати потрібну функцію, тобто у порушенні працездатного стану двигуна. Тому актуальним завданням при пошуку несправності у паливної системи двигуна є швидше визначення елемента або вузла системи що відмовив. В даній ро-

боті розглядаються випадки нетипової “відмови”. При цьому, як було вище вказано, однією з головних вимог до методики пошуку відмови елемента системи є мінімальна витрата часу і сил на її знаходження.

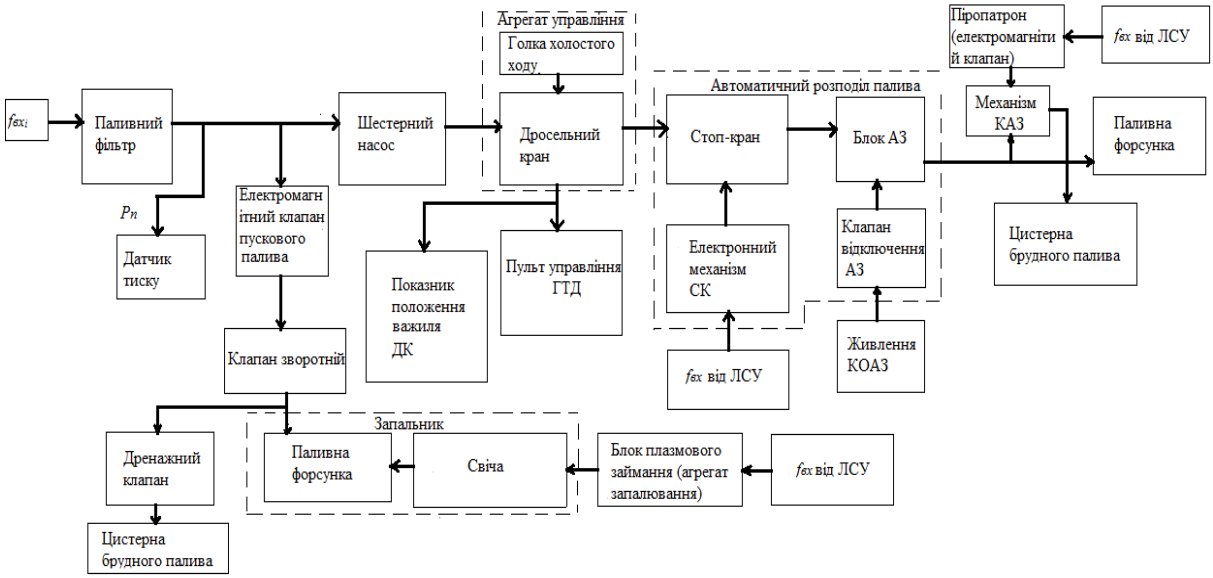


Рис. 2. Структурна схема паливної системи ГТД

Існуючі методи пошуку відмов можна розбити умовно на два типи: фізичний (інформаційний), при якому обслуговуючий персонал спирається на свої знання техніки і технологічного процесу, що протікає в цьому механізмі; математичні, що базуються на основі раніше розроблених типових моделей відмов та в яких використовуються теоретико-імовірнісний підхід до їх створення, а також можлива комбінація цих методів.

Найбільш простим, досить ефективним з так званих фізичних методів пошуку відмов є метод послідовних виключень. Весь процес пошуку розбивається на ряд послідовних етапів, причому об’єкти чергового і попереднього етапів пошуку виключаються з подальшого розгляду. Таким чином, коло пошуку причин відмови поступово звужується, чим підвищують ймовірність відшукання причини (елемента, вузла, що відмовив).

Основними етапами такого методу є:

– збір первинної інформації (шляхом опитування обслуговуючого персоналу), що передує “відмови”;

– ретроспектива, там де дозволяє система управління двигуном, показань приладів, положень органів управлінь та ін., в іншому випадку свідчення занесенні в експлуатаційну документацію судномеханічної служби судна;

– перевірка механізмів і пристроїв, що дозволяють витратити на це невеликий час і простота перевірки;

– перевірка механізмів і пристроїв, які з досвіду експлуатації найбільш частіше виходили з ладу;

– перевірка інших елементів, вузлів і механізмів даного непрацездатного об’єкта.

Існуючи математичні методи найбільш широко представлені “моделями відмови” щодо граничного навантаження і кумулятивні моделі накопичення пошкодження. При цьому ці моделі як правило “закладаються” в алгоритм системи діагностики даного об’єкта, враховуючи результати розрахунків безвідмовності, що відображені в проектній документації на даний виріб [4].

У складних, багатоелементних системах всі частини яких пов’язані функціонально, до яких можна віднести і паливну систему газотурбінного двигуна, застосовують комбінацію математичних методів, які базуються на теорії графів, алгебри логіки і метод послідовних наближень. Сутність даного комбінованого підходу полягає в певній послідовності дій (перевірок), які треба виконати після того, як відбулася відмова в багатоелементної системи, але причина відмови явно не виявлено, з одночасними математично обґрунтованими прорахунками працездатності елементів системи.

У якості прикладу, розглянемо пошук нетипової відмови в паливній системі двигуна, що виникла під час його запуску (враховуємо, що двигун був підготовлений до запуску у відповідності до інструкції з експлуатації і зауваження які були виявлені під час останнього запуску двигуна, усунені). З метою пошуку причини невдалого запуску виводиться відеокадр ретроспективи даного двигуна, на якому відображені показники контрольно-вимірювальних приборів та стан регулюючих органів двигуна. Припустимо, що під час невдалого запуску зафіксовано: а) тиск палива в першому каналі форсунок відповідав нормі; б) горіння палива почалося вчасно; в) повітря в другій канал форсунок подавалося; г) стартери відпрацювали належний час і автоматично відключилися; д) температура газу за турбіною росла повільно і не досягла необхідного значення. Зазначену вище інформацію використовуємо для пошуку причини невдалого запуску (рис. 3):

1. на підставі аналізу алгоритму функціонування паливної системи під час запуску обирається елемент з якого починається пошук відмови елементу, у нашому випадку це автоматичний розподільник палива (на дерево-графі, це елемент Х-6 (рис.4)). Ґрунтуючись на показанні манометра “тиск палива у І-му каналі форсунки”, робимо висновок, що насос паливний працездатний і наступна перевірка, це елемент Х-7 (запальник).

2. З ретроспективи відеокадру, за показниками манометру “тиск пускового палива”, робимо висновок що паливо надходило до форсунок запальників, тобто результат R = 0.

3. Відповідно до дерево-графа (рис. 4) наступна перевірка – Х-10. Вона призводить до позитивного результату R = 0, це ми бачимо з алгоритму запуска двигуна – “початок горіння палива на 27-31 с” та початку підвищення температури газу за турбіною (як правило, за турбіною низького тиску) – ретроспектива відеокадру.

4. Наступна перевірка – елементу Х-13 (блок автомату запуску), дає інформацію, яка побічно свідчить (“температура газу за турбіною росла повільно і не досягла необхідного значення”), тобто блок автомату запуску “непрацездатний”. На цьому етапі перевірки – R = 1.

5. Остання перевірка елементу Х-14 (клапан відключення автомату запуску (КВАЗ)) призводить до припущення одного з двох варіантів, якщо R = 0, то електроживлення на КВАЗ подано і відповідає нормі, або R = 1 – не працездатний сам КВАЗ. Таким чином, встановлено, який елемент паливної системи відмовив. Виходячи з того що встановлена відмова елементу паливної системи двигуна, це клапан відключення автомату запуску, та керуючись наказами з мостика, вахтовий механік приймає управлінське рішення, що до відновлення працездатності двигуна.

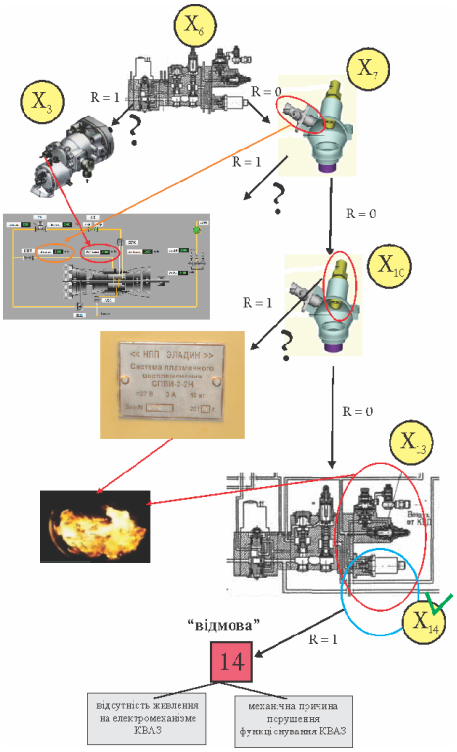


Рис. 3. Інфографіка алгоритму пошуку відмови елемента в паливної системі газотурбінного двигуна

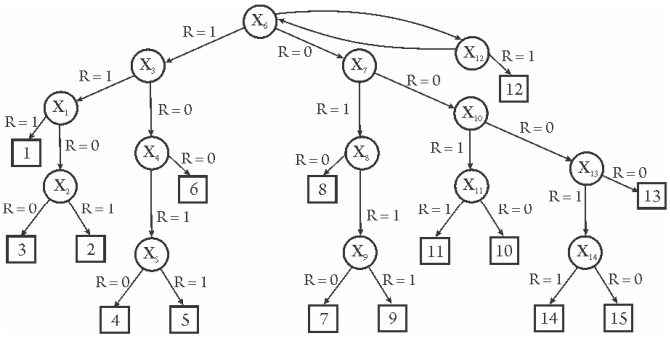


Рис. 4. Дерево-граф пошуку відмови елемента у паливній системі двигуна.

Таким чином, поєднання глибоких знань щодо функціонування кожного елементу паливної системи двигуна, фіксації кожного етапу алгоритму запуску за рахунок реалізуємо системою управління двигуна можливостю ретроспективи, а також використовуючи математичний апарат теорії графів, побудоване дерево-граф пошуку відмови елемента паливної системи (рис. 4), дає змогу, по-перше, удосконалювати існуючи системи діагностування газотурбінного двигуна, по-друге, зменшує час на пошук нетипової відмови особами судномеханічної служби судна.

Напрямом подальшого дослідження є розширення існуючої методики пошуку відмови елементу паливної системи газотурбінного двигуна за рахунок ускладнення існуючої математичної моделі (дерево-графу пошуку відмови), яка буде враховувати результат перевірки елементу не тільки "праце-

здатний” (R = 0) чи “непрацездатний” (R = 1), а також “обмежено працездатний”.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Емельянов М. Д. Применение условных рисков для оценки безопасности морских судов / М. Д. Емельянов // Транспорт Российской Федерации. – 2009. – № 3-4 (22-23). – С. 40–45.

2. Kiriya N. Statistical Study on Reliability of Ship Equipment and Safety Manegement Reliability Estimation for Failures on Main Engine System by Ship Reliability Database System // N. Kiriya. Bulletin of the JIME. – 2001. – Vol. 29. – №2. – 27 p.

3. Изделие М15. Техническое описание // Утв. начальником НИО-22. – Николаев: п/я А-1984, 1994. – 121 с.

4. ГГТА М91. Оценка показателей безотказности, ремонтопригодности и обоснования сохраняемости на этапе технического проектирования / Проектная документация: утв. зам. директора ЦНИОКР “Машпроект”. – Николаев: НПКГ “Заря”-“Машпроект”, 2008. – 14 с.

УДК. 628 165

Подмазко О.С., Ярошенко В.М.
Національний університет «Одеська морська академія»

Нетрадиційний спосіб отримання прісної води для потреб судна

Як відомо, існують різноманітні способи отримання прісної води з забортної морської води. Їх можна розділити на дві групи [1]:

1.Опріснення, пов’язане зі зміною агрегатного стану (перехід рідинного стану в тверде (лід), або газоподібне (пару) - дистиляція.

2.Опріснення без зміни агрегатного стану рідини (води).

Опріснення виморожуванням базується на тому, що в природі лід в морях і океанах являється прісним. При штучному заморожувані соляного розчину (морська вода), біля центрів кристалізації утворюється прісний лід голчатої структури з вертикальним розташуванням голок льоду. При цьому в між голкових каналах концентрація розчину збільшується. При дефростації голчатого льоду утворюється прісна вода з вмістом солі 500 – 1000 мг/л Cl. При швидкому заморожувані розчин (вода + сіль) потрапляє в товщу льоду і чим інтенсивніше охолодження, тим менше прісної води можна отримати в блоці льоду.

Дистиляція, або термічне опріснення найбільш поширений на морських судна спосіб отримання прісної води із морської забортної. Як відомо морська вода – це розчин, що включає воду та солі. Дистиляція заключається в тому, що забортну воду нагрівають до кипіння і отриманий пар в подальшому конденсують. Випарювати воду можливо як при кипінні, так і без нього. В останньому випадку морську воду нагрівають при більш високому тиску,

ніж тиск в камері випаровування, куди поступає нагріта вода. Так як при цьому температура води перевищує температуру насищення відповідно тиску в камері випаровування, то частина води перетворюється в пару, яка і конденсується в дистилят. Основна термодинамічна відмінність процесів полягає в наступному – при кипінні теплота підводиться від зовнішнього джерела і підтримується температура насичення при постійному тиску (ізотермічний процес), в процесі без кипіння теплота підводиться до морської води вище температури насищення відповідно тиску в випарнику і процес випаровування проходить за рахунок внутрішньої теплоти (адіабатний процес). Недоліком термічного опріснення надлишковим тиском є його мала економічність: на отримання 1 кг дистиляту витрачається до 2900 кДж,що відповідає виходу 10…12 т. дистиляту на 1 т. палива. Цей недолік можна уникнути завдяки використанню вакуумних випарників з утилізацією теплоти головного двигуна судна.

В теперішній час досліджуються нові способи опріснення морської води – шляхом утворення кристалогідратів та за до допомогою гідрофобного теплоносія.

Принцип кристалогідратів полягає в отримані прісної води із соляних розчинів в формі кристалів,які в спеціальному розчиннику розкладається на воду і гідрат – агент. Сутність гідрофобного теплоносія полягає в тому, що різноманітні суміші вуглеводів, парафіну та масел інертні відносно води, та розчиненим в ній солі, подається теплоносій – дистилят для нагріву. Після цього дистилят і теплоносій розділяють і останній подається в морську воду. При нагріванні частина води випаровується і утворена пара в конденсаторі перетворюється в дистилят. Гідрофобний теплоносій відокремлюють від залишеного після випарювання розчину і повертають в теплоносій – дистилят для повторного підігріву.

Опріснення способами другої групи включають в себе такі види, як хімічне, електрохімічне та ультрафільтрацію.

При хімічному способі в воду вводять речовини – реагенти, які взаємодія зі знаходженнями в ній іонами утворюють нерозчинні сполуки. що випадають в осад. До речовин, що здібні утворювати нерозчинні сполуки з натрієм і хлором, відносяться іони срібла та барію. Ці реагенти коштовні, реакція з солями барію проходить повільно, солі отруйні, тому хімічний спосіб використовується рідко.

При електрохімічному способі використовують спеціальні діафрагми із пластику, гуми з наповнювачами. Вана з розчином обмежена двома діафрагмами – позитивною і негативною. Під дією постійного струму напругою 110 …120 В. іони солі, що розчинені в воді спрямовуються до електродів. Позитивні катіони скрізь катіоно – проникливі діафрагми, а аніони через аніонову діафрагму проходять в крайні камери, де зустрічаються з анодом та катодом. В результаті в проміжних камерах залишається прісна вода, яка стікає в спеціальний збірник. Солі і розчини з крайніх камер відводяться за борт, а утворені гази (хлор і водень) в атмосферу. Камери, в яких опріснюється вода,

відділені від камер з розчином на пів - проникливими іонітовими мембранами. При достатній кількості пар мембран міх анодом і катодом витрати електроенергії залежать від концентрації солі в морській та прісній воді, чим менша різниця між ними, тим більш економічний процес. Тому електродіаліз раціонально використовувати для опріснення води з вмістом солі 500…1000 мг/л. На суднах, де вимоги по вмісту солі достатньо високі, електродіалізні опріснювачі не використовуються.

Спосіб опріснення ультрафільтрацією (зворотній осмос) полягає в тому, що соляний розчин знаходиться під тиском з боку мембрани, що пропускає воду і не пропускає сіль. Прісна вода проникає скрізь мембрану в напрямку зворотньому осмотичному. В діючих установках потужністю 4 м3/добу морська вода під тиском 150 бар продавлюється через мембрани ацетил целюлозного типу, які оброблені перхлоратом магнію для збільшення їх водо проникливості. З протилежної тиску сторони знаходяться пористі бронзові плити, які здатні витримувати високий тиск. Використання ультрафільтрації, як одного із способів опріснення обмежується малим періодом служби плівок – мембран, та значними розмірами фільтруючої поверхні.

Економічність опріснювальних процесів в багатьох випадках залежить від затрат електроенергії, так як в кошторисі прісної води паливна складова доволі суттєва: 43-47 % при термічному опріснюванні та 11-38 % в мембранній технології [2]. Тому оцінка затрат енергії, необхідної для отримання прісної води різними способами має суттєве значення. Опріснювальні установки в залежності від способу потребують різного виду перетворення вторинної енергії – теплову, механічну та електричну. Цінність вторинної енергії не однакова і залежить від ступеню досконалості енергетичних установок, що перетворюють енергію первинного палива (нафта, газ, мазут, вугілля) у вторинну. Отже, порівнювати теплову енергію, що витрачається в дистиляційних ОУ, хоча і виражену в кВт • год, з електричної енергією в мембранної технології невірно, так як перетворення первинної енергії у вторинну відбувається з різними ККД. Оцінку ефективності різних опріснювальних способів в роботі [3] було запропоновано користуватися не витратами перетвореної вторинної енергії (пари, електричної і механічної енергії), а витратою первинної енергії в загальноприйнятих одиницях (МДж/м3), або у вигляді умовного палива (кг / м3) з теплотворною здатністю 29,308 МДж / кг (за кордоном користуються нафтовим еквівалентом 41,868 МДж/кг).

Таблиця. Зниження витрати первинної енергії на опріснення морської води в результаті вдосконалення технології, МДж/м3

Роки	Методи опріснення			
	Дистиляція	Заморожування	Електродіаліз	Зворотній осмос
1961-1970	950-350	300-200	400-300	300-200
1971-1980	350-130	200-120	300-200	200-100
1981-1990	130- 50	120-60	200-80	100-50
1991-2000	130- 50	120-60	200-80	100-50

Як видно із даних представлених в таблиці - спосіб заморожування морської води для отримання прісної має доволі привабливий характер. Найбільш придатний для цього льодогенератор з льодоблоками, що спливають рис.1.

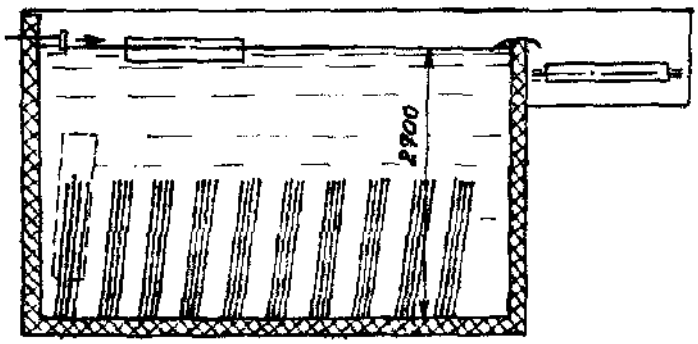


Рис.1 Льодогенератор з льодоблоками, що спливають

Маса блоку $G_{блоку}$ *= 25-50 кг,*
Час заморожування $\tau_{зам}$ = 2..3 години.

Розташування стержнів, в яких кипить холодильний агент дозволяє отримати лід трубчатої форми (а не голчатої) і з подальшою отримання блоку таким чином, що розчин (вода + сіль) не потрапляє в отриманий лід. Вартість льоду на 30% нижча за льодогенератори типу Лінде. Такого типу льодогенератор можна використовувати на риболовецьких судах, що не мають спеціального рефрижераторного обладнання (швидко морозильні апарати, рефтрюми і т.п.). В цьому випадку лід використовується, як для отримання прісної води так і для збереження вилову рибопродуктів під час тралення і доставки до місця транспортування (плавбаза, порт).

ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА:

1.www.trans – service.org

2. Колодин М.В. Прогресс опреснительной технологии // Совинтер вод. М., 1991. 44 с.

3. Акимов С.С., Угрюмова С.Д. Перспективы разработки локальной опреснительной установки на основе замораживания дальрыбвтуз, владивосток, 2002

УДК. 628 165

Ярошенко В.М., Подмазко О.С.
Національний університет «Одеська морська академія»

Ексергетичний аналіз газодинамічного надуву СЕУ.

Техніко - економічна ефективність процесів перетворення теплової енергії палива в суднових теплоенергетичних установках суттєво залежить від термодинамічного рівня процесів, які відбуваються в елементах (технічному обладнанні) установок.

Підвищення термодинамічної ефективності суднових енергетичних установок досягається у тому числі за рахунок утилізації робото спроможності (ексергії) вихідних газів, яка як відомо має три складові: термічну, яка базу-

ється на різниці температур , механічну, яка базується на різниці тисків вихідних газів та кінетичної , яка обумовлена швидкістю потоку.

Температурні потенціали вихідних газів при цьому для сучасних ДВЗ лежать в межах 800-1000К, а тиск 0,7-1,0 Мпа.

Одним із засобів утилізації енергії вихідних газів є системи газодинамічного (газотурбінного) надуву, які наряду з енергетичною доцільністю, суттєво підвищують потужність ДВЗ.

Для термодинамічного аналізу системи газодинамічного надуву більш доцільно використовувати метод функцій, який базується на ексергетичній функції. Перевагами його по відношенню до методу циклів є універсальність та відносна простота, особливо при аналізі розімкнутих систем [2] .

Термодинамічна ефективність процесів (рівень термодинамічної досконалості) при цьому розраховується як відношення ексергії потоків енергії на виході (Ехвих) із установки до ексергії потоків на вході (Ехвх). Цей коефіцієнт показує рівень необоротності реальних процесів та відображає втрати ексергії, що відповідають кількості деградованої енергії , яка надходить до зовнішнього середовища в виді теплового потоку.

Різниця між Ехвх та Ехвих відповідає втратам ексергії в елементах (процесах) установки (системи), та розраховується, як відомо, за рівнянням Гюі- Стодола

$$\Delta Ex = T_{з.} \cdot \Delta S_c$$

де: ΔS_c - зростання ентропії системи в реальному процесі, кДж/кг К

$T_з$ - абсолютна температура зовнішнього середовища,К

Ексергетичний метод застосовувався нами для аналізу термомеханічних перетворень в СЕУ з ефективною потужністю 10000 кВт при тиску надувного повітря 3,5 Бар та температурі 318 К. Температура зовнішнього середовища фіксувалась на рівні 303 К при нормальному атмосферному тиску. Вологість повітря в силу незначного впливу при цьому не враховувалась

Масова витрата газу через турбіну та масова витрата повітря через турбокомпресор розраховується в залежності від механічної потужності ДВЗ, питомої витрати палива, теоретично необхідного повітря для спалювання палива,коефіцієнта надлишкового повітря та коефіцієнту продувного повітря [1] і складає для турбіни G_T = 34,9 кг/с ,що відповідає потужності турбіни N_T =9305,4 кВт та компресору $G_к$= 20,26 кг/с, що відповідає потужності компресору $N_к$ = 4866,75 кВт

Так як тиск надувного повітря перевищує 2 Бари, то відповідно до рекомендацій [1], усі розрахунки базуються на балансі потужностей турбокомпресору та газової турбіни та вибирається система надуву з постійним тиском, що дозволяє не враховувати кінетичну складову ексергії потоку газу, який направляється із усіх циліндрів до газового колектору ДВЗ.

$$N_K = N_{T.} \cdot \eta_M$$

або $$G_{TБ} \cdot l_{T\cdot} \cdot \eta_T \cdot \eta_M = \frac{G_K . l_K}{\eta_K}$$

де: η_T - політропний коефіцієнт корисної дії турбіни,

lT- питома робота політропного розширення , кДж/кг

ηм- механічний коефіцієнт корисної дії

lT- питома робота політропного стиснення

ηк - політропний коефіцієнт корисної дії компресору,

Масова витрата газу , розрахована із балансового рівняння потужностей складає для турбіни GТБ = 17,52 кг/с , що перевищує витрату газу GT = 34,9 кг/с за розрахунком індикаторного процесу ДВЗ. Тому частину газу після ДВЗ Gр= 17,38 кг/с необхідно подавати до інших утилізаційних систем , в якості яких можуть застосовуватись утилізаційні паротурбінні установки або утилізаційні нагрівачі води та парогенератори .

Діаграма потоків ексергії системи газотурбінного надуву показана на рис.1.

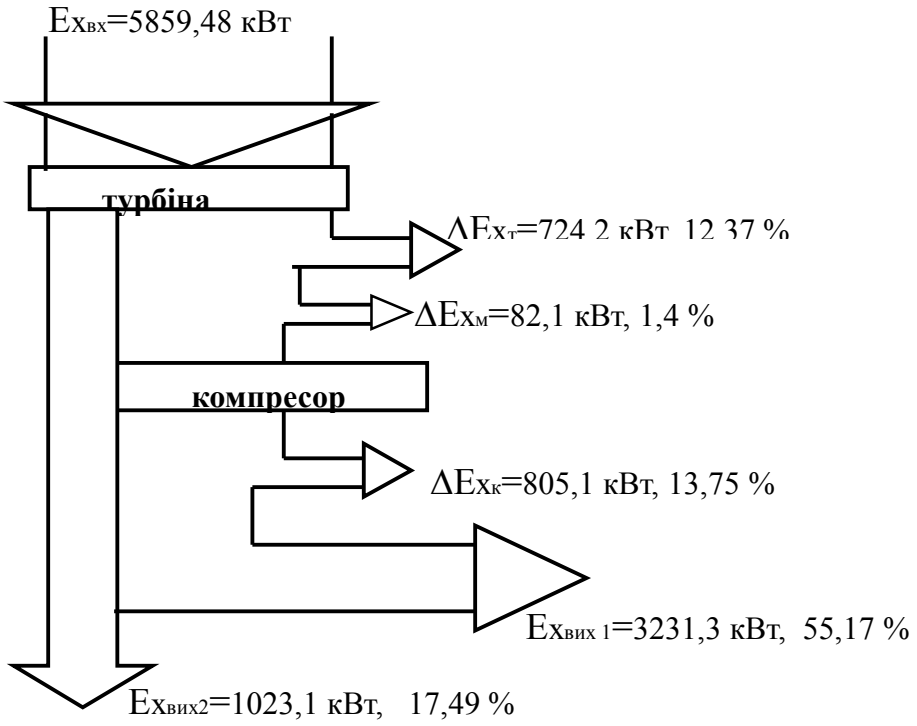


Рис.1. Діаграма ексергетичних потоків

В якості вхідної ексергії $Ex_{вх}$ розглядається ексргія потоку газу після ДВЗ. В якості вихідної ексергії розглядається ексергія стиснутого повітря $Ex_{вих\ 1}$ та ексергія газів після турбіни $Ex_{вих2}$. Втрати ексергії при розширені газу в турбіні ΔExт складають 12,37 %, в компресорі $\Delta Ex_к$ – 13,75 %, а механічні втрати $\Delta Ex_м$ – 1,4% по відношенню до вхідної ексергії.

Ексергія газу після турбіни може бути використана або для виробництва насиченої пари низького тиску або для виробництва холоду в тепловикористовуючих холодильних машинах абсорбційного (паро ежекторного)типів.

Як видно із діаграми потоків ексергії , ексергетичний коефіцієнт корисної дії системи дорівнює 72,6 % без врахування гідравлічних втрат та ексергії теплового потоку в охолоджувачі стиснутого повітря.

На основі виконаного аналізу фіксуються найбільш неефективні з термодинамічної точки зору процеси та визначаються заходи , які необхідно застосувати першочергово для підвищення енергетичної ефективності установки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.Возницький И.В. Пунда А.С. Судовые двигатели внутреннего сгорания,том2: М. МОРКНИГА,2008 . 480с.

2. Бродянский В.М. Ексергетический метод термодинамического анализа. М.: Энергия, 1973. - 296 с.

УДК:629.123

Малахов А.В., Гудилко Р. Г.

Способы оценки влияния концентрации воды в топливе на рабочие процессы СЭУ

Все суда водного транспорта используют при работе судовых энергетических установок (СЭУ) не чистое топливо, а топливные эмульсии с присутствием водной компоненты. Присутствие воды в топливе в большинстве случаев избежать невозможно. Естественные процессы конденсации влаги из окружающей среды, технические неисправности в узлах герметизации и уплотнениях топливных и балластных танков и т.д., приводят к попаданию водной компоненты в топливо.

Влияние воды в топливе на процессы его горения в двигателях внутреннего сгорания впервые было рассмотрено еще в 1880 году. Большое количество исследований в этой области проведено П.Волкером [1], В.М. Ивановым [2], О.Н. Лебедевым [3], П.Адкинсоном [4-5], А.Лоусоном [6] и др.

Аналитический обзор известных теоретических и экспериментальных результатов не позволяет однозначно утверждать о негативном влиянии воды в топливе на показатели процесса горения. Известно [18], что в ходе сгорания топлива за счет появления промежуточных химических спиртовых соединений небольшие добавки воды приводят к улучшению качества процесса горения. В этом случае возрастает диспергирование факела и могут снижаться степень концентрации вредных компонент (сажа, токсичные оксиды и т.п.) в уходящих газах, температура дымовых газов и т.д.

В ходе исследований был выполнен анализ чаще всего встречающихся марок легких топлив, которые поставляются на суда основными мировыми производителями и поставщиками. Книмотносятся: Shell Eastern Petroleum, Petronas Penapisan, Central Star Marine Supplies, Intertek Ltd., Total, Ryuseki

Corporation. Установлено, что у всех производителей, для большей части основных показателей топлива отсутствуют единые нормативные величины.

С точки зрения наличия в воде топлива особое значение имеет показатель температуры вспышки, которая определяет весь рабочий процесс в главном двигателе (ГД) судна. Она меняется в пределах от 61 до 78,5 ^{0}С, чтосильно повышает требования к процессу подготовки водотопливной эмульсии и ее последующего сжигания внутри рабочих цилиндров ГД.

Для решения проблемы наличия воды в топливе была разработана новая технология, которая основана на использовании известного физического процесса: при высоких скоростях движения за счет преобразования кинетической энергии возможно механическим путем достигнуть изменение структуры и свойств многофазных сред. Другими словами, механическое перемешивание на высоких скоростях движения может привести к переходу внешней влаги в топливе во внутреннюю и таким образом полученная эмульсия будет характеризоваться равномерно распределенной структурой и устойчивостью к расслаиванию. Характеристики горения в судовом ГД такой водотопливной эмульсии будут превышать аналогичные величины, взятые для обычного дизельного топлива.

Использование предлагаемого нового подхода к решению проблемы использования в судовых условиях работы ГД дизельного топлива с высоким содержанием воды приведет к следующим изменениям в работе морских судов:

- повышению степени дисперсности топлива во время его распыла в рабочих цилиндрах ГД;
- увеличению продолжительности эксплуатации судового ГД, топливной аппаратуры, вспомогательных устройств и механизмов, обслуживающих судовую систему топливоподачи;
- повышению качества сгорания топлива за счет более качественного его распыла в факеле;
- увеличению межремонтных интервалов ГД и всей судовой системы топливоподготовки и топливоподачи;
- изменению в лучшую сторону показателей эффективности работы СЭУ за счет такого макроэкономического показателя, как суммарная экономия топлива за рейс.

В настоящее время полностью отсутствуют данные, которые могут свидетельствовать о четких численных диапазонах допустимых концентраций влаги в топливе. Также,отсутствуют исследования устойчивости факела горения в зависимости от его температуры и концентрации водной компоненты висходной эмульсии.

Водную компонентуводотопливной эмульсии можно рассматривать, как примесь. По этой причине ее диффузию, при движении струи распыляемого топлива, можно считать идентичной распространению тепла в струе.При движении в струе распыл эмульсии характеризуется различным фракцион-

ным составом. Его можно описать выражением, идентичным по форме записи статистическому закону Гаусса

$$n_k = N^{-a^2 d_i^2} \quad (1)$$

где n_k- число капель, диаметр которых больше текущего диаметра d_i; N - общее число капель, образующееся при распылении единицы массы топлива; a – коэффициент распределения.

Улучшению процесса горения водотопливной эмульсии также способствует разрыв водородных связей, который при этом характеризуется выделением энергии. Выделяющийся атомарный водород Н в последующем сгорает, что экономит топливо и положительно сказывается на тепловой стабильности процесса сжигания водотопливной эмульсии

$$H+H=H_2+104 \text{ ккал} \quad (2)$$

Из формулы (2) видно, что при диссоциации воды в факеле горения появляется дополнительный кислород, который как окислитель способствует сжиганию водорода с выделением энергии, которая полностью компенсирует затраты тепла на первоначальную диссоциацию воды. Теплота сгорания водорода при пересчете на единицу массы топлива в три раза больше чем аналогичная величина для дизельного топлива.

Степень распыла водотопливной эмульсии помимо угла раскрытия конуса факела также напрямую определяется дальностью полета капли. Эта величина была рассчитана для различных диаметров капли и для различных скоростей подачи она показана на рисунке 1.

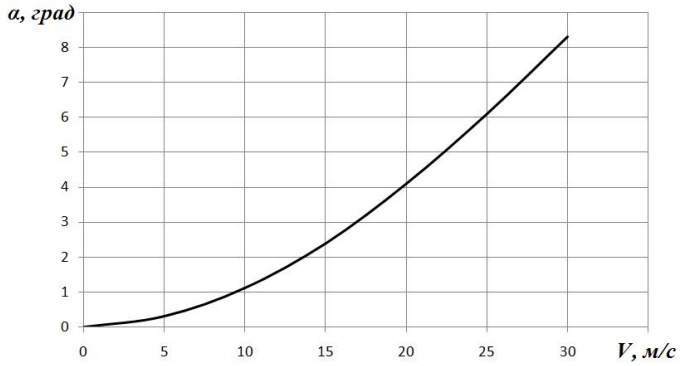


Рис. 1 Влияние скорости эмульсии на угол раскрытия факела

Величина концентрации воды в топливе является главным фактором, влияющим на процесс его сжигания в рабочей камере СЭУ. В результате экспериментального изучения этого влияния для различных значений концентраций смеси судового дизеля марки Dieseleuro 2M с водой была определена экспериментальным путем температура вспышки. На графике рисунка 3 показаны результаты, относящиеся к двум способам приготовления водотопливной эмульсии. Кривая 1 соответствует механическому способусмешения, когда две исходные компоненты эмульсии (вода и дизель) подавались в центробежный насос с перфорированным рабочим колесом в областях меж-

лопаточных каналов. Кривая 2 соответствует подготовке водотопливной эмульсии с использованием пластинчатого ультразвуковогогенератора, когда в исходной смеси двух компонент за счет высокочастотных колебаний пластины происходило эмульгирование.

Поскольку механизмы переноса тепла и примесей в струе идентичны, то поля безразмерных значений избыточной концентрации примеси и избыточной температуры совпадают между собой. По этой причине все

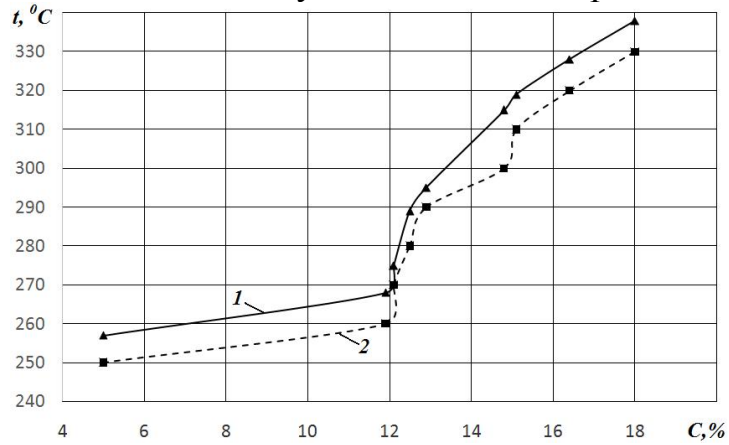


Рис. 2. Влияние концентрации воды на температуру вспышки
1 – механическая, 2 – ультразвуковая подготовка водотопливной эмульсии.

приведенные на рис. 2 результаты измерений могут быть использованы, как универсальные при оценке полей температуры и концентрации внутри рабочей камеры СЭУ.

В ходе проведения экспериментальных исследований на судне AHTS “JayaMajestic”было установлено влияние воды в дизельном топливе 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 %.Они показаны на рисунке 3, где видно, что рост концентрации водной компоненты в эмульсии приводил к изменению расхода в большую сторону, однако это изменение не характеризуется постоянством. Наихудший вариант соответствует режимам хода при малой нагрузке на ГД судна. В этом случае добавка водной компоненты не приводила к экономии топлива, поскольку при ее максимальной величине равной 15 % показания расхода выросли на 16,5 %. С другой стороны, на среднем ходу, когда нагрузка на судовой ГД составляла 50 % при концентрации воды равной 15 % рост расхода составил всего 4,7%.

Самый лучший эффект в экономии топлива при использовании водотопливной эмульсии был достигнут при нагрузке на судовой ГД равной 80 %. В этом случае при влажности топлива равной 15 % изменение в расходетоплива по сравнению с влажностью 1 % составило всего 1,57 %.Этот результат показывает, что при ходе судна на режиме нагрузки его ГД равном 80 %

возможно получение экономии топлива в 13,42 % или в реальных единицах измерения 0,102 м^3/ч. При стоимости 800 долларов США за одну тонну и плотности легкого дизеля 860 кг/м^3 получаемая величина экономии затрат на топливо составляет 1684,22 долларов США в сутки.

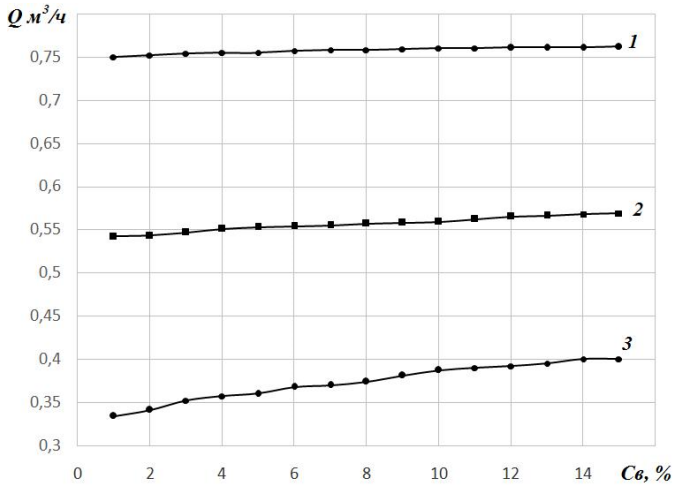


Рис. 3. Влияние концентрации воды на расход эмульсии на ГД судна
1 – нагрузка на ГД 80 %;2 –нагрузка на ГД 50 %; 3 – нагрузка на ГД 30 %.

Выводы.

1.В настоящее время в условиях работы судов водного транспорта не используются стандартные системы подготовки водотопливных эмульсий. Их применение носит локальный характер на уровне различных технологических схем, которые в большинстве случаев используют механическое смешение, гидродинамические процессы кавитации, аэрации или направленное ударное взаимодействие струй.

2. В зависимости от режима нагрузки ГД судна наличие воды в дизельном топливе оказывает влияние на два основных эксплуатационных показателя судна – расход топлива и температуру уходящих дымовых газов.

3. Наиболее вероятный диаметр капель после качественного распыла водотопливной эмульсии составляет 50-100 мкм. В этот интервал попадает от 20 до 90 % капель в струе.

4.В ходе сгорания капли водотопливной эмульсии в высокотемпературной зоне испарения вода распадается на свободные радикалы Н-О-Н. В последующем эти радикалы играют роль катализаторов при сжигании топлива. Они повышают его полноту сгорания и затем повторно создают условия для роста мощности теплового потока.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волкер П., Райт К. Вопросы горения: В 3 т. / М.: Иностр. Лит., 1953. Т.1. 362 с.

2. 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 с.
3. Лебедев О.Н., Сомов В.А., Сисин В.Д. Водотопливные эмульсии в судовых дизелях. Л.: Судостроение, 1988. - 108 с.
4. Adkins P. The burning of emulsified fuel in medium speed diesel engines. Fairplay Inst Shipp Weekly. 1982, N 28. P. 27-29.
5. Adkins P. First slow-speed engine to run on emulsified fuel. Marine Eng. Rev, 1982, Sept. p. 37.
6. Lawson A., Last A.Y. Modified fuels for diesel engines by application of unstabilised emulsions. SAE Technical Paper Series. 1979. № 790925- 16 p.
7. Харитонов А.К., Голубь Н.В., Попов А.И. Уменьшение вредных выбросов при сжигании водомазутных эмульсий // Изв. вузов. Энергетика, № 2.-М., 1983. -С.48-61.

УДК 629.5.078-233.2

Кардаш В.П., Худенко Г.О.
Національний університет «Одеська морська академія»

Підвищення довговічності допоміжних механізмів морських суден

Середнім терміном служби торгівельного судна є термін від 25 до 30 років. Протягом цього часу суднові пристрої (СП) не замінюють, а здійснюють безперервне технічне обслуговування та періодичні ремонти. Тривалість роботи, періодичність і терміни ремонтних робіт визначаються зносом найбільш навантажених вузлів тертя виконавчих механізмів СМ. Перехід навантажених вузлів тертя виконавчих механізмів СМ на режим рідинного мащення веде до різкого зниження тертя і, як наслідок, зменшення зносу, тобто збільшення терміну служби (Діаграма Герсі-Штрібека).

В процесі експлуатації судна найменш надійним елементом в суднових механізмах є виконавчі механізми (ВМ), положення осей валів яких утримуються в опорах кочення. Судновими механізмами виконується екологічно небезпечний контакт з навколишнім середовищем так як суднові механізми розташовані за межами МКВ та корпусом судна. Крім того, до 45% енергії, що виробляється на борту суден, розсіюється судновими трибосистеми і до 15% економічних витрат пов'язані з ремонтом і обслуговуванням СМ.

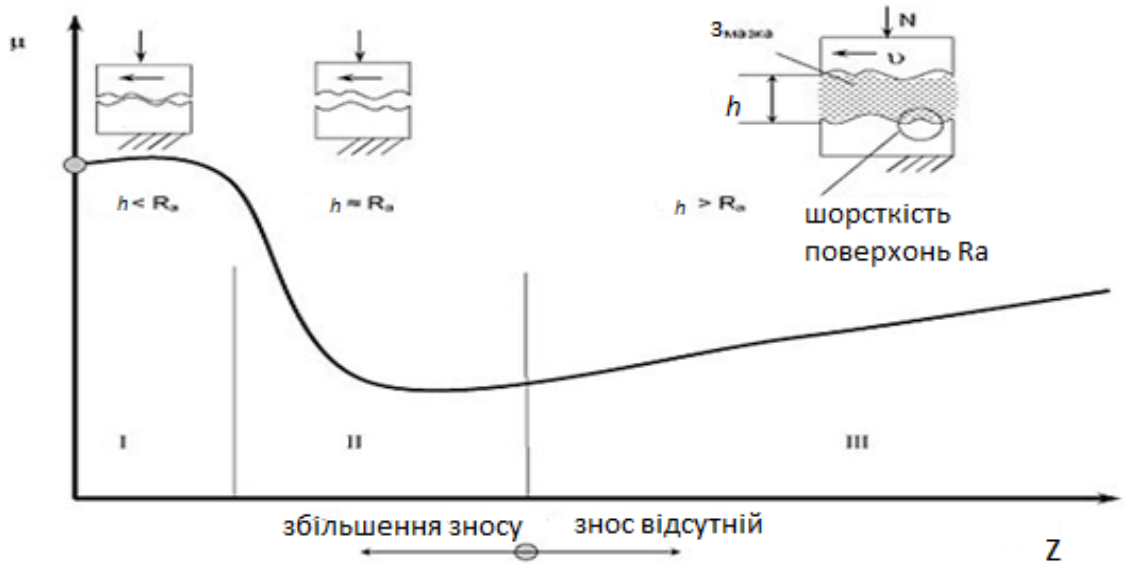


Рис.1 Діаграма Герсі-Штрібека
де I - область граничного тертя; II - область змішаного тертя; III - область гідродинамічного тертя;

$$Z = \frac{\text{швидкість х в'язкість}}{\text{навантаження}}$$ (число Зоммерфельда)

Несуча здатність робочих поверхонь, що труться визначається:

-питомим тиском на площу контакту;

- мінімальною товщиною масляної плівки між виступаючими гребенями шорсткостей поверхонь деталей, що труться;

- в'язкістю мастила ;

Несуча здатність також залежить від форми вхідних поверхонь, що утворюють мастильний зазор. Навантаження на робочі поверхні носить динамічний характер, що призводить до зменшення мастильного шару і, як наслідок - вихід з ладу підшипникових вузлів.

На даний час існує 2 теорії, що описують процеси тертя і зношування : адгезійно-деформаційна (Ф.П.Боуден, Д. Тейбор) та молекулярно-механічна (І.В.Крагельський).

Також треба враховувати ефект адсорбційного пониження міцності твердих тіл П.А. Ребіндера.

Мастильний матеріал знаходиться в жорстких умовах, так, максимальний герцевий тиск може досягати 3-4 ГПа, а швидкість залучення мастила досягає 1 м / с .Час проходження зони контакту становить близько 10^{-4} с, а швидкість зсуву $10^7 \div 10^8$ $с^{-1}$. На доріжках кочення реалізується граничний режим тертя. Тепловиділення, зумовлене зсувом, підвищує температуру мастила на десятки і навіть на сотні градусів і збільшує температуру сполучених тіл поблизу зони контакта. Наряду з високим тиском, на поодиноких контактах фізичної площі контакту і швидкості зсуву, термічні ефекти призводять до неньютонівської поведінки мастила.

Змазка виконує також інші функції, зокрема, може запобігати перегрів при терті, захищати від коррозії. При цьому мастило в процесі експлуатації насичується за рахунок конденсованої з атмосферного повітря вологи або кислотами і стає небезпечним в цьому сенсі: відбувається руйнування мастильної плівки , створюються умови для адгезійного зношування.

Поряд з цим має місце і абразивне зношування, викликане забрудненням мастила продуктами зносу.

Тому треба шукати нові способи підвищення здатності навантаження вузлів, зокрема віддалення однієї поверхні від іншої, що збільшує товщину мастильної плівки або підвищення її несучої здатності.

Одним з ефективних способів підвищення зносостійкості вузлів тертя є наступний : на поверхню деталей наносять тонкі плівки, отримані в результаті хімічного зв'язку. Присутність в зоні тертя тонкої плівки істотно змінює в ній триботехнічні процеси, що протікають.

Основними механізмами впливу тонкої плівки можна вважати наступні: - створюється позитивний градієнт механічних властивостей по товщині плівки; - зрушення матеріалу в плівці відбувається з невеликим опором;

- змінюється характер змочування і розтікання мастильних матеріалів;

- більшість неметалевих покриттів, що представляють собою складні неорганічні сполуки це орієнтанти, котрі впорядковують та утворюють структуру в змащувальному матеріалі .

Основою структури всіх композицій є фторвмісні поверхнево-активні речовини (фтор-ПАР), які представляють собою фторполімери, що не мають аналогів в природі і синтезовані штучним шляхом.

Нанесення фтор-ПАР здійснюється різними способами: зануренням, розпиленням в камерах, кистями тощо, вручну або в автоматизованих установках. Після потрапляння складу на поверхню тіла відбувається випаровування розчинника, а саме фтор-ПАР вступають в реакцію з поверхнею, при цьому молекули фторвмісної поверхнево-активної речовини (фтор-ПАР) створюють структури Ленгмюра (частокол Ленгмюра) у вигляді спіралей з нормально спрямованими до поверхонь осями, що дозволяють не тільки надійно утримувати мастильні середовища, але служити своєрідним буфером між контактуючими поверхнями.

На Рис.2 зображено утворення частоколу Ленгмюра з ПАР на поверхні твердого тіла.

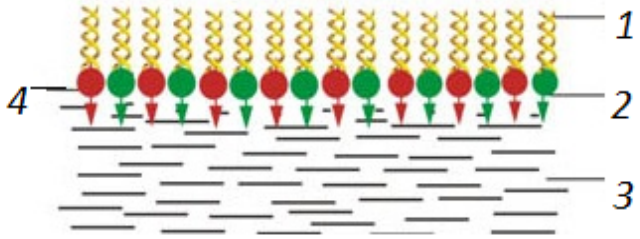


Рис.2 Частокол Ленгмюра

де 1- Неполярна частина (молекули фтора) ; 2-Полярна частина (шар адсорбції ПАР); 3- Поверхня металевого тіла; 4-Хемосорбція;

Використання фторактивних мастильних композицій вимагає вирішення проблем активації та управління параметрами хемосорбції з оброблюваною поверхнею.

При активації полімерної композиції фторвмісні макромолекули набувають властивостей, абсолютно відмінних від властивостей тих складових одиниць, з яких вони побудовані. Під впливом активуючого випромінювання молекули фтору починають "впорядковуватися" вертикально-спрямовано (що видно з рис.2) - заряд молекул дозволяє знизити поверхневу енергію матеріалу, адсорбуватися, хемосорбуватися гидрофільною полярною стороною, а гідрофобна неполярная сторона залишається на поверхні формуючогося покриття.

Як показала практика, значним методом підвищення довговічності СМ, їх ефективної експлуатації є використання нових високоефективних технологій.

Однією з груп є епілами промислові типу 6 СФК-180-05.

Ці препарати хемосорбцією формують на глибину до 40 Å захисний шар фторидів заліза, а адсорбцією на поверхні деталей утворюють «молекулярний ворс» висотою до 40-80 Å,утримуючи в собі компоненти мастила.

Застосування епілам проводилося за допомогою розробленої нанотехнології: нанесення на обезжирені поверхні тертя на “холодну”, що дозволило виключити ефект адсорбційного пониження міцності твердих тіл (ефект П.А. Ребіндера) .

А також понизити температуру підшипників кочення, покритих плівкою орієнтанта, в залежності від навантаження знизилася на 15 ... 20 ^{0}C; спостерігається тенденція до збільшення цієї різниці з ростом навантаження. При цьому спостерігається зниження шумності на 2 ... 5 Дб.

Також, підбиваючи підсумки ,можна відмітити основні переваги фтор активних наноплівок :

- Плівка матиме товщину від 10 до 40 нм після хемосорбції та дозволить :
- суттєво понизити поверхневу енергію матеріалу;
- не дати мастильному матеріалу вільно розтіктися,тобто виключить можливість сухого тертя;
- зниження інтенсивності зношення ;
- поверхня буде захищена від вологи.

Також плівка витримує температури від -200 до +450 гр.за Цельсієм .

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Влияние ориентационной упорядоченности в граничных смазочных слоях на триботехнические характеристики узлов трения / Сагин С.В., Поповский Ю.М., Ханмамедов С.А. / Одесса. Судовая энергетика №3. 1994 – С. 26-27.

2. Дерягин Б.В. Жидкокристаллическое состояние граничных слоев некоторых полярных жидкостей / Дерягин Б.В., Поповский Ю.М. // Коллоидн. журн. – 1982. Т. 44, №5. – С. 863-870.

3. Исследование реологических свойств контакта шероховатых поверхностей / Демин Н.Б., Нетягов П.Д. / «Известия вузов». Машиностроение. 1973. №3 – С.18-24.
4. Кардаш В.П. Повышение надежности исполнительных механизмов судовых устройств / Кардаш В.П., Ханмамедов С.А. / Судовые энергетические установки: науч.-тех. сб. – Вып. 17. – Одесса: ОГМА, - 2006. – С. 97-103.
5. Кардаш В.П. Повышение эффективности эксплуатации судовых устройств / Кардаш В.П., Ханмамедов С.А. / Судовые энергетические установки: науч.-тех. сб. – Вып. 18. – Одесса: ОНМА, - 2007. – С. 70-77.
6. Кардаш В.П. Повышение эффективности работы судовых устройств / Кардаш В.П., Ханмамедов С.А. / Судовые энергетические установки: науч.-тех. сб. – Вып. 20. – Одесса: ОНМА, - 2007. – С. 5-15.
7. Овчинников Е.В./теоретические и технологические основы создания
8. тонкопленочных фторсодержащих покрытий/ Санкт-Петербург .2016, С. 16-17 .

УДК:629.123

Колегаев М.А., Бражник И.Д.
Национальный университет “Одесская морская академия”

Исследование процессов принудительной подачи инертных газов в грузовые помещения танкера

В мире, на всех танкерах вне зависимости от их конструктивного исполнения, используется технологический контур производства и подачи инертных газов (ИГ). С его помощью обеспечиваются главные требования поддержания пожаро- и взрывобезопасносной микроатмосферы в грузовых трюмах. Он всегда включается в работу при использовании систем очистки трюмов, что обычно является предварительной стадией при операции получения новых грузов. Использование системы ИГ является обязательным и с 1978 года регламентируется решением ИМО.

Эффективность эксплуатации танкеров помимо транспортных операций определяется технологиями, которые используются во время подготовки судна к приему нового груза. В этом случае особое значение имеет качество эксплуатации системы ИГ танкера. Ее главное предназначение – реализация комплекса мер, обеспечивающих создание пожаро- и взрывобезопасной атмосферы внутри трюма. Сокращение времени ее работы напрямую определяет стоимостные показатели работы судна.

С учетом вышеизложенного была сформулирована очень актуальная научно–техническая задача. Она заключается в разработке новых принципов функционирования системы генерирования и подачи ИГ вгрузовые трюмы танкеров, обеспечивающих существенное повышение качества эксплуатации

танкера за счет изменения технологии вентиляции трюмов и снижении аварий, связанных с качеством и длительностью работы таких систем.

Основные принципы работы системы ИГ на танкерах базируются на сжигании дизельного топлива в генераторе ИГ. Он является отдельным устройством, которое не связано с судовым контуром топливоподготовки. Получаемые при функционировании генератора ИГ продукты сгорания после проведения ряда операций по их очистке и снижению температуры направляются в грузовые трюма танкера.

В соответствии с Требованиями MORPOL [1] система подачи ИГ в грузовые трюма танкера должна обеспечиватьтакие технические параметры: концентрация кислорода в ИГ – менее 5 %; температура ИГ - менее 65°С при подаче в грузовые трюма и менее 50°С при подаче в сухогрузные трюма; давление ИГ в точке входа в трюм не менее 0,11 МПа.

Для их обеспечения используется стандартный технологический контур. Он показан на рисунке 1 и его конструктивное исполнение на танкерах отличается только в геометрии (расстояниях между элементами, диаметрах используемых труб и т.п.) компоновки основных узлов и устройств.

Все технологические контуры, входящие в систему ИГ танкеров, являются универсальными и содержат однотипное оборудование и магистрали. По этой причине технические проблемы, которые возникают во время их эксплуатации, также являются идентичными на всех судах.Для их описанияв ходе исследований была разработана универсальная классификация. Она состоит из трехосновных направлений, которые включают в себя уже конкретные специфические судовые проблемы.

Первым направлением является техническое, когда все недостатки или аварии в работе системы ИГ вызваны несовершенством конструкций, используемых технических устройств. Второе направление определяется проектировочными ошибками и наличием недостатков в используемых технологиях подачи ИГ внутрь рабочего объема грузового трюма танкера. Третье направление определяется качеством используемых средств измерения и контроля, а также личностным фактором со стороны экипажа танкера.

Анализ технологических недостатков в работе систем ИГ на танкерах показал, что очень часто процесс создания пожаро- или взрывобезопасной микроатмосферы внутри трюма проводится с экономической точки зрения не эффективно. Он определяется диаграммой, показанной на рисунке 2, а самым главным недостатком является завышенная продолжительность вентиляции, что при оплате стоянки судна в порту или эксплуатации в открытом море выражается большим убыточным денежным эквивалентом.

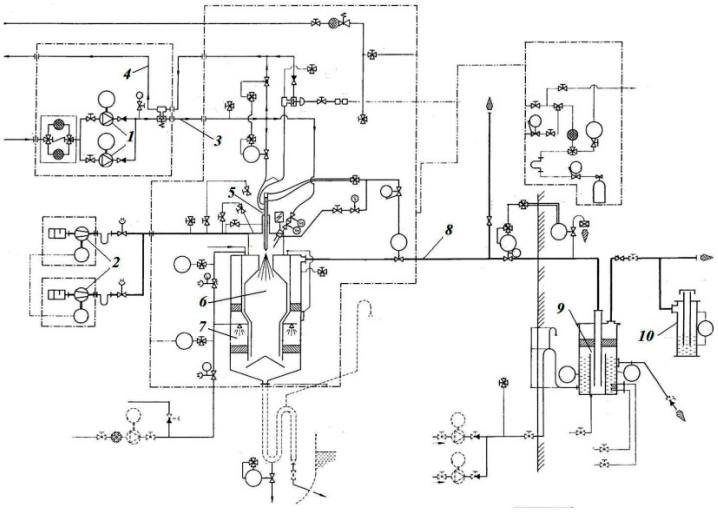


Рис. 1.Контур производства и подачи ИГ
1 – топливные насосы; 2 – компрессоры; 3 – линия подачи топлива;4–байпасныйтопливопровод с клапаном; 5 – форсунка;
6 – генератор ИГ; 7 – скруббер; 8– линия подачи ИГ; 9 – гидрозатвор; 10 – пневмоаккумулятор.

Рис. 2. Общая диаграмма подачи ИГ для грузовых трюмов танкера

В работах [2, 3] показано, что в случае вынужденной конвекции поле течения в замкнутом объеме перестает зависеть от механизмов теплопередачи и текущего поля температур. Этот результат напрямую указывает на целесообразность использования принудительной подачи ИГ в трюм судна. Основная направленность исследований механизма использования подачи струй ИГ в грузовой трюм судна должна быть предназначена для решения задачи о сокращении времени вентиляции грузовоготрюма танкера.

В применении к вентиляции грузового трюма ИГ наиболее близкими являются результаты работы [4] где рассмотрена тепловая конвекция в трехмерном прямоугольном объеме с открытым верхом. Эксперимент проводился в диапазоне чисел Рэлея от 100 до 10^8. Для случая передачи тепла от одной нагретой стенки к другой были получены безразмерные профили температуры и скорости. Они показаны на рисунке 3, где видно, что:при числах Рэлея $Ra<10^3$ в прямоугольном объеме возникает одна ячейка со слабой стационарной циркуляцией. По ширине всего объема течение направлено только вертикально (исключая повороты вблизи верхней и нижней границ);при числах Рэлея $10^3<Ra<10^5$ градиент температуры, показанный на рис. 3-а вблизи стенок возрастает, а во внутренней области течения остается постоянным; распределение скорости, показанное на рис. 3-б в диапазоне чисел Рэлея от $3\cdot10^4$ до $3{,}6\cdot10^6$ характеризуется симметричностью относительно

вертикальной оси симметрии рассматриваемого объема. Рост числа Рэлея свидетельствует о пространственном увеличении по ширине зоны ядра потока с небольшими значениями скорости и локализации концевой области течения с высокими значениями скорости потока вблизи жестких вертикальных стенок.

В ходе экспериментов был изучен характер протекания процесса вентиляции трюма при принудительной подаче ИГ. Были использованы, показанные на рисунке 4 три схемы подачи ИГ в трюм. На рисунках 5-7 можно увидеть, как изменялась в трюме концентрация кислорода в течении 5 часов.

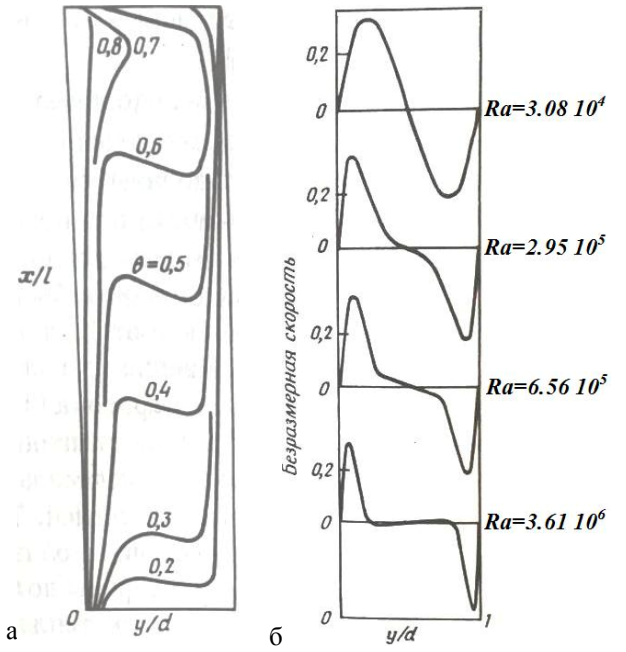


Рис. 3. Распределение безразмерных профилей температуры и скорости в прямоугольной замкнутой области [3]
а – распределение изотерм описывающих поле температур по высоте всей области;
б – изменение изотахпо ширине области при различныхчислах Рэлея.

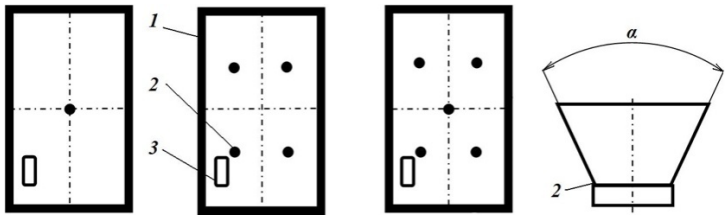


Рис. 4. Схемы подачи струй ИГ в грузовой трюм
1 – грузовой трюм; 2 – сопло подачи ИГ; 3 – выходное люковое отверстие

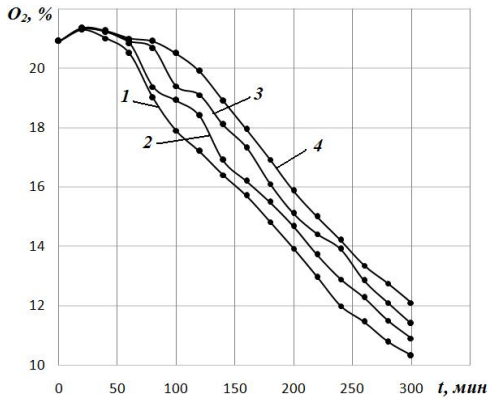


Рис. 5.Скорость изменения концентрации кислорода в трюме при использовании первой технологической схемы
1 – угол раскрытия конуса факела струи 30^0;
2 – угол раскрытия конуса факела струи 90^0;
3 – угол раскрытия конуса факела струи 160^0;4 – стандартная подача ИГ

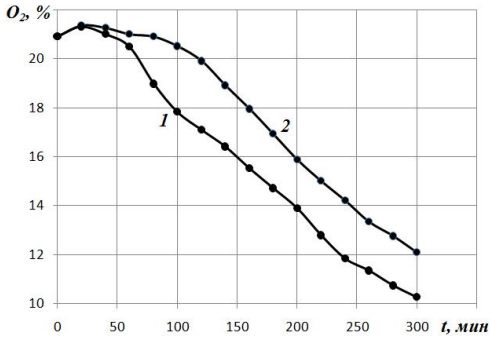


Рис. 6. Скорость изменения концентрации кислорода в трюме при использовании второй технологической схемы
1 – угол раскрытия конуса факела струи 30^0;
2 – стандартная подача ИГ

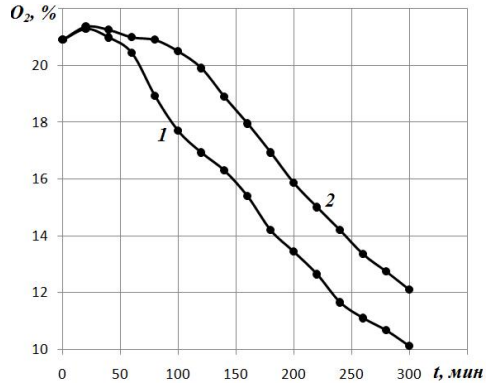


Рис 7. Скорость изменения концентрации кислорода в трюме при использовании третей технологической схемы
1 – угол раскрытия конуса факела струи 30^0;
2 – стандартная подача ИГ

Как видно из графиков использование принудительной подачи ИГ приводило к получению самого главного и основного результата – сокращению времени, затрачиваемого на вентиляционную обработку трюмов танкера. В процентном соотношении улучшение процесса вентиляции трюма при переходе от естественной к принудительной вентиляции трюма составило 13,5 %, а сокращение затраченного времени при прочих равных условиях составило 56,47 %.

Выводы.

1. Подача струй ИГ для вентиляции танка должна производиться в центральной части грузового трюма танкера. В этом случае перемешивание ИГ с воздухом приводит к возникновению зон перемешивания в области углов трюма за счет чего концентрация кислорода уменьшается до минимального значения за более короткие периоды времени по сравнению со случаем естественной подачи ИГ сверху трюма.

2. При использовании принудительной подачи ИГ в грузовые трюма танкера достигается существенное сокращение времени(до 56,47 %) его вентиляции с получением пожаро- или взрывобезопасных значений основных показателей микроатмосферы внутри трюма.

3. Основная направленность дальнейших исследований должна быть связана с разработкой математической модели, позволяющей моделировать работу предложенной технологии в различных условияхэксплуаатации грузовых трюмов танкера.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международная конвенция MARPOL 73/78.
2. Джалурия Й. Естественная конвекция. Тепло- и массообмен. – М.: Мир, 1983. – 400 с.
3. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй – Г.Н. Абрамович. – М. : Гос. изд-во физ.-мат. лит-ры, 1960. – 715 с.
4. Elder J. W. Turbulent free convection in a vertical slot. Journal of fluid mechanics. March 2006. Volume 23. Issue 1. pp. 99-111.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ І РЕМОНТ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ МОРСЬКОГО ТА РІЧНОГО ФЛОТУ

УДК 656.61.071.8(477)

Логішев І.В., Царьов Л.М.
Национальный университет “Одесская морская академия”

Оцінка енергоефективності роботи судна «Ocean Starlet» української судноплавної компанії «Каалбай Шиппінг»

По заяві судноплавної компанії «Каалбай Шиппінг» в рамках наукової кооперації співробітниками кафедри технічної експлуатації було проведені теплотехнічні випробування суднової енергетичної установки (СЕУ) суховантажного судна «Ocean Starlet».

Метою даних випробувань було:

- установлення технічних нормативів роботи судна і його швидкості;
- установлення потужності дизельної установки, витрат палива й змащення;
- визначення експлуатаційних характеристик дизельної установки;
- перевірка енергоефективності роботи судна.

Результати теплотехнічних випробувань СЕУбуло оброблено та зведено в таблиці, і далі побудовано графіки.

На базі порівняння результатів стендових, здавальних ходових та проведених теплотехнічних випробувань було зроблено низьку висновків, головний з яких є наступний: на судні встановлено «легкий» гвинт, тому що частота обертання, яка відповідає 110% навантаження двигуна на стенді відповідає 82% при випробуваннях.

Це неминуче повинне позначитися на показниках енергоефективності роботи судна. Згідно з методикою «MARPOL Annex VI, MEPC.1/Circ.684. Guidelines for voluntary use of the ship energy efficiency operational indicator» розраховано конструктивний та експлутаційний показники роботи судна та СЕУ. Розрахунки показників енергоефективності роботи судна узгоджуються з результатами теплотехнічних випробувань судна. Судновласнику дана рекомендація замінити гребний гвинт на судні «Ocean Starlet» з метою зниження витрати палива та показників оцінки енергоефективності роботи судна.

УДК 656.61.071.8(477)

Логішев І.В., Колдунов В.О.
Национальный университет “Одесская морская академия”

Підвищення надійності роботи суднового дизеля трібомоніторінгом циліндропоршневої групи

Показано, що використання трибомоніторінга (спостереження за процесом тертя по обраних діагностичних параметрах) є перспективним напрям-

ком підвищення надійності роботи судових технічних засобів, зокрема суднових дизелів.

Для головного двигуна судна підвищення надійності роботи особливо важливе, тому що вони вимушені працювати у зв'язку з вимогами Додатка VI Конвенції МАРПОЛ на різних видах палива та масла при находженні судна в зонах ЕСА.

Трибмоніторинг циліндопоршневої групи (ЦПГ) за допомогою аналізу якості відпрацьованого циліндрового масла В(ЦМ) містить у собі два етапа:

- безпосередній аналіз ВЦМ;
- інтерпретація отриманих результатів, використання цих даних для діагностики стану ЦПГ.

За допомогою данного методу проведено виявлення стану ЦПГ суднового дизеля 6S60MC-C фірми MAN-B&W та надано рекомендації з регулювання кількості циліндрового масла/його заміни з іншм лужним числом та проведення технічного обслуговування деяких циліндрів дизеля.

УДК:656.085: 621.431.74: 621.431.74.052

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

Аналіз причин відмов і пошкоджень допоміжних суднових дизелів

Анотація:

Наведено узагальнення досвіду експлуатації допоміжних суднових дизелів, який дозволяє встановити причини їх відмов і пошкоджень. Основою цього аналізу становлять відповідні дослідження показників надійності суднових технічних засобів (СТЗ), що були виконані Шведським страховим товариством «Swedish Club» (SC). Основна мета цих досліджень полягає в встановлені залежності роботоздатності суднових допоміжних дизелів (ДД) від низки факторів які впливають на причини їх відмов і пошкоджень.

Дослідження та аналіз показників надійності СТЗ були виконані на підставі опублікованих відповідних результатах досліджень SC аварій та аварійних подій із суднами, причинами яких стали пошкодження та відмови головних і ДД, а також інших СТЗ, які були згруповані за період часу з 2010 по 2016 роки [1]. Дослідження спрямовані на скорочення частоти виникнення пошкоджень і відмов ДД, а також зменшенні ступені тяжкості їх наслідків.

Позови до SC по виду страхування «Hulls and Machinery» (H&M), - страхування корпусу судна, механізмів та обладнання суден, наведено на рисунку 1.

На рисунку 2 представлено відносна кількість поданих позовних вимог по категорії «Машини і механізми», виду страхування H&M.

Позовні вимоги які спричинені відмовами СТЗ по категорії «Машини і механізми» наведено в таблиці 1.

Частота подачі страхових позовів в SC спричинених відмовами ДД характеризує їх стабільність, яка дещо перевищує 0,01 претензію на одне судно в рік, тобто 1 вимога в рік на кожні 100 застрахованих суден.

На рисунку 3 наведено відносна кількість суден застрахованих в SC та відносна вартість страхових позовів до SC, а також частота їх подачі в SC в зв'язку з відмовами ДД, в залежності від типу судна.

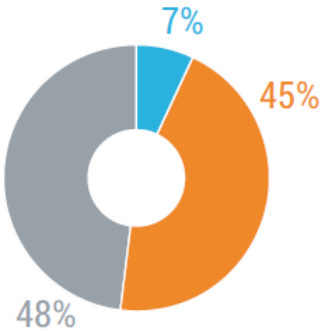


Рис 1. Відносна кількість поданих позовних вимог за видом страхування H&M:
- 7%, позовні вимоги по виду СТЗ «ДД»,
- 48%, позовні вимоги по категорії «Машини і механізми»,
- 45%, позовні вимоги по іншим категоріям виду страхування H&M.

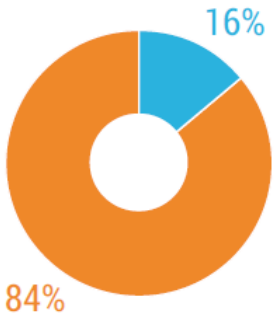


Рис. 2. Відносна кількість поданих позовних вимог по категорії «Машини і механізми»:
- 16%, позовні вимоги по виду СТЗ «ДД»,
- 84%, позовні вимоги по іншим видам СТЗ.

Таблиця 1 - Позовні вимоги які спричинені відмовами СТЗ по категорії «Машини і механізми»

Види СТЗ	Загальна кількість відмов	Відносна кількість відмов,%	Середні витрати, USD
Головні двигуни	313	26,2	576.245
Рушії, включно: гвинти, валопроводи, редуктори	244	20,4	449.236
Допоміжні двигуни	192	16,0	344.675
Газотурбокомпресори	134	11,2	304.855
Кермові машини і механізми	48	4,0	420.105
Котли, головні та допоміжні	50	4,2	338.030
Вантажні крани	66	5,5	248.746
Електрообладнання, засоби автоматичного управління СТЗ	47	3,9	231.897
Вантажні лебідки та засоби підігріву вантажу	16	1,3	466.441
Інші палубні механізми	23	1,9	181.775
Дейдвуди	6	0,5	307.343
Інші суднові технічні засоби, включно: пристрої що підрулюють; навігаційне обладнання; рятувальні засоби та інші	58	4,9	283.535
Всього	**1197**	**100**	**319.447**

Наведені дані засвідчують про те, що контейнерні судна мають значно більшу частоту і вартість страхових позовів що спричинено наступним:

- контейнерні судна відрізняються від інших типів суден більшою кількість встановлених ДД на цих суднах;

- ДД контейнерних суден мають значну потужність, отже вартість їх ремонту більша в порівнянні з суднами інших типів.

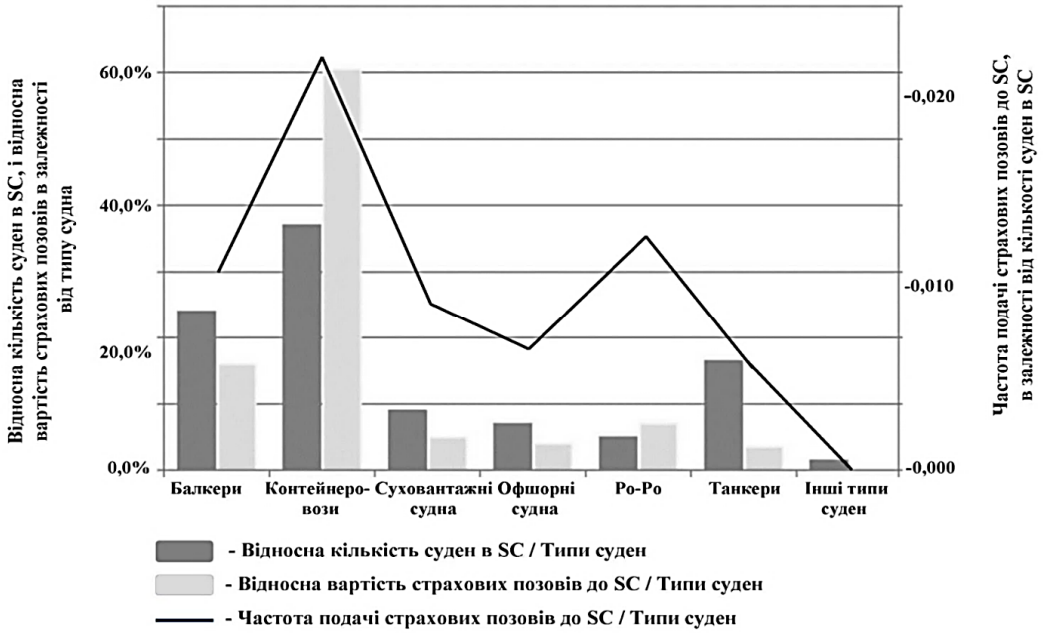


Рис. 3. Відносна кількість суден застрахованих в SC та відносна вартість страхових позовів до SC, а також частота їх подачі в SC в зв'язку з відмовами ДД, в залежності від типу судна

На наведеному нижче рисунку 4 відображено напрацювання на виникнення відмови ДД по відношенню до рекомендованої періодичності проведення капітальних ремонтних робіт (ТВО).

Рекомендована періодичність проведення капітальних ремонтних робіт для допоміжних двигунів зазвичай становить 12.000-16.000 годин [1, 3].

На додаток до подій, пов'язаних з ТВО, є кілька випадків, коли члени екіпажу проводили регулярне технічне обслуговування незадовго до виникнення аварії. До поширених помилок відносяться такі, як:

- після виконання робіт по заміні масляного фільтра, в ньому залишається (забувають) дрантя;

- очищення масляних охолоджувачів супроводжується пошкодженням прокладок.

Надані дані на рисунку 4, свідчать про те, що більшість відмов, 55%, відбувається протягом всього лише 10% від часу виконання капітального ремонту, які відповідають першим 1000 годинам, або близько того, експлуатації після виконання капітального ремонту.

У більшості випадків відмови відбувається одразу, або тільки через декілька годин, після запуску ДД. Особливу увагу SC звертає на недостатній досвід офіцерів машинної команди [2].

Рис. 4. Напрацювання на відмову по відношенню до рекомендованої виробниками періодичності виконання проведення капітальних ремонтних робіт (ТВО) ДД

До основних причин пошкоджень і відмов ДД відносяться:

- некоректне виконання і недотримання виконавцями робіт встановленим виробниками і рекомендованим процедурам ТО і КРР;
- виконання капітальних ремонтних робіт некваліфікованими робітниками які не мали достатнього досвіду і належної підготовки;
- пошкодження ГТК сторонніми предметами;
- шатунні болти (неправильний монтаж болтів і гайок рамових підшипників, шатунних болтів і шпильок і т.д.);
- забруднення мастильних олив (обводнення або забруднення сажею мастильних олив).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

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

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

3. Судовой механик: справочник: в 3т. / [авт. кол. под ред. А. А. Фока] – В 3-х т. – Т.3 - Одесса: Феникс, 2016.– 1096 с.

УДК:629.5.064-843:621.431.74

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

Аналіз дослідження моніторингу робочих процесів суднової дизельної установки

Аналіз експлуатаційних якостей елементів суднових енергетичних установок показує, що найбільші експлуатаційні втрати пов'язані з відмовами головних і допоміжних дизелів. При цьому 70-90% відмов припадають на головні дизеля і на обслуговуючі їх системи, а на допоміжні дизеля 10-18%.

Найбільш частіше відмовами дизелів (крім відмов підшипників та елементів КШМ) пов'язані з системою подачі палива (форсунки і ПНВТ) і механізмами газорозподілу. Ефективна і безаварійна експлуатація СДВЗ можлива за умови періодичного контролю основних параметрів робочого процесу, подачі палива і газорозподілу. На сучасних суднових двигунах для контролю параметрів робочого процесу (рис. 1) використовують як стаціонарні так і переносні електронні системи діагностики /1/. У переносних системах відсутні стаціонарні кабельні троси, центральний блок системи працює під управлінням контролера з аналогової периферією і достатнім обсягом оперативної і незалежній flash пам'яттю. У системах передбачена передача даних на персональний комп'ютер, де проводиться розрахунок і аналіз робочого процесу /2/. У стаціонарних системах використовується апаратна синхронізація даних від маховика двигуна. У переносних системах використовується як апаратна, так і програмна синхронізація даних. Програмна синхронізація дозволяє не використовувати датчик на маховику і отримувати дані безпосередньо під час експлуатації дизеля.

Одним з найважливіших показників робочого процесу суднового дизеля є індикаторні параметри.

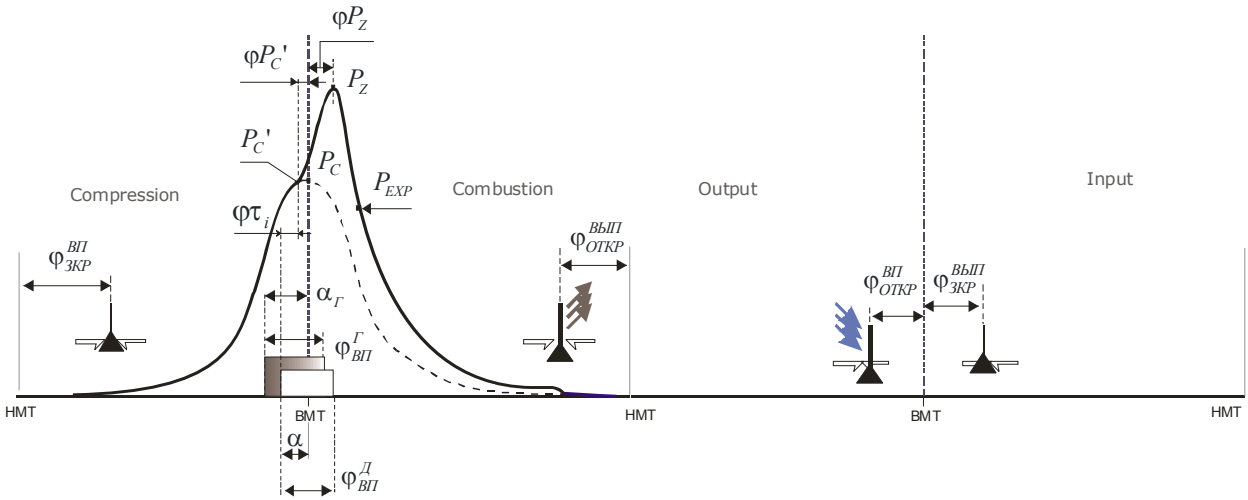


Рис. 1. Параметри робочого процесу, подачі палива і газорозподілу, що визначаються системами діагностики робочого процесу СДВЗ.

Наведені на рис. 1.1 параметри робочого процесу СДВЗ характеризують технічний стан ЦПГ, паливної апаратури та механізму газорозподілу (МГР). Їх поточний контроль дозволяє домогтися якісного регулювання двигуна і рівномірного розподілу потужностей по циліндрах.

Одним з видів систем електронного діагностування як приклад візьмемо такі: Kyma Diesel Analyzer (Bergen, Norway), PREMET L, LS, XL (LEHMANN & MICHELS GmbH Co.), LEMAG PREMET online® (LEHMANN & MICHELS GmbH Co.) [3,4,5].

Система діагностики Kyma Diesel Analyzer (Bergen, Norway). Стаціонарна система моніторингу параметрів робочого процесу і подачі палива малооборотних і середньооборотних дизелів. Система може бути встановлена на

судні, що будується, або на судні, що знаходиться в експлуатації. Система може обслуговувати кілька двигунів. Датчик тиску наддувочного повітря і фазовий датчик встановлюються стаціонарно і з'єднуються кабелями з блоком збору даних. Датчики тиску газів і тиску упорскування палива в системі високого тиску - переносні. Використання системи дозволяє визначити: зменшити витрату палива; провести балансування двигуна за потужностями циліндрів; оптимально відрегулювати фази подачі палива; захистити двигун від перевантажувальних режимів; поліпшити якість технічного обслуговування; зменшити потребу в запасних вузлах; поліпшити екологічні властивості дизеля.

Список параметрів визначаються під час діагностики:

- Pmi (Mean indicated pressure) - середнє індикаторне тиск;
- Pcomp (Compression pressure) - тиск в кінці стиснення в циліндрі;
- Pmax (Maximum combustion pressure) - максимальний тиск згоряння;
- Arnax (Crank angle at maximum combustion pressure) - кут, відповідний Pmax;
- Pexp (Expansion pressure at 36° after TDC) - тиск на лінії розширення 36° за ВМТ;
- Pmax-c (Pressure rise due to combustion) - підвищення тиску при згорянні;
- Aign (Ignition timing) - кут початку займання палива;
- Pinjmax (Maximum fuel injection pressure) - максимальний тиск упорскування палива;
- Ainjmax (Crank angle at max fuel injection pressure) - кут, відповідний Pinjmax;
- Power (Indicated power in cylinder) - індикаторна потужність циліндра;
- Rpm (Speed of engine during measurement) - частота обертання колінчастого вала;
- Scav (Scavenging air pressure) - тиск надувочного повітря.

Система діагностики PREMET L, LS, XL (LEHMANN & MICHELS GmbH Co.). Системи призначені для визначення параметрів робочого процесу дизельних і газових двигунів, морського і стаціонарного виконання, що працюють на важкому паливі без будь-яких обмежень. Можливе застосування для визначення параметрів роботи компресорів, гідравлічних машин і комбінованих двигунів.

Системи проводять вимірювання і запис у внутрішню пам'ять з високою роздільною здатністю наступні величини:

- максимальні пікові тиску Pmax;
- тиск, як функцію від кута повороту колінчастого вала P (φ);
- кутову швидкість зміни тиску dP / dφ.

Проводиться розрахунок наступних величин:

- індикаторної потужності (KW / hp);
- середнього індикаторного тиску (MIP);
- розподілу потужності по циліндрах;

- розподілу максимальних тисків при згорянні по циліндрах;
- частоти обертання колінчастого вала (rpm) під час індіціровання.

Система діагностики LEMAG PREMET online® (LEHMANN & MICHELS GmbH Co.). Система призначена для автоматизованого аналізу якості процесу згоряння в циліндрах СДВС.

Основні характеристики системи:

- стаціонарна установка на двигуні;
- контроль головних і допоміжних дизелів;
- контроль робочого процесу дизельних і газових двигунів;
- максимальна кількість циліндрів двигуна - до 20-ти;
- діапазон виміру тиску газів 0-250 бар.

LEMAG PREMET online® - система стаціонарного виконання для дизельних або газових двигунів. В системі передбачено обладнання кожного циліндра фірмовим датчиком тиску «type 250/2 / IC / 1AA», що встановлюються на індикаторний кран. Інформація від всіх датчиків одночасно надходить через центральний блок на комп'ютер для аналізу в програмному середовищі «PREMET online software». Для вимірювання кута повороту колінчастого вала використовується фірмовий фазовий датчик - LEMAG Multiscan Sensor (MS-Sensor), що виготовляється фірмою стосовно конструкції конкретного маховика. Фазовий датчик MS-Sensor генерує 360 імпульсів за один оборот колінчастого валу. Дозвіл в 1° повороту колінчастого вала дає можливість компенсувати зміну кутової швидкості під час роботи двигуна. Миттєві значення тисків газів по циліндрах передаються в центральний модуль (LEMAG Engine Information Sampling Unit). У центральному модулі проводиться аналіз і виключення грубих похибок вимірювань і встановлюється відповідність значень тиску з кутом повороту колінчастого вала.

З центрального блоку дані надходять в комп'ютер, де проводиться розрахунок і видача на екран наступних параметрів робочого процесу в циліндрах:

- середні індикаторні тиску;
- максимальні тиску згоряння;
- циліндрові індикаторні потужності;
- миттєва кутова швидкість колінчастого вала;
- тиск на лініях розширення;
- тимчасові тренди основних параметрів.

Програмне забезпечення дозволяє отримувати P (φ), P (V) індикаторні діаграми, бар-діаграми і таблиці визначаються і розрахункових параметрів; виробляти необхідний аналіз і розпізнавати різні дефекти паливної апаратури і циліндропоршневої групи перш, ніж вони завдають шкоди.

Фазовий датчик PREMET Multiscan Sensor Wheel.

Датчик генерує сигнали з дозволом 1° ПКВ. Ця інформація в подальшому аналізується програмним забезпеченням центрального блоку і комп'ютера. Інтерполяція кутової швидкості між проходженням зубів маховика дозволяє краще врахувати нерівномірність обертання колінчастого вала.

Таким чином на підставі аналізу наведених систем індінціровання суднового дизеля можна сказати що, техніко-економічна ефективність систем комп'ютерної діагностики робочого процесу суднових дизелів обумовлюється: зниженням витрат на технічне обслуговування завдяки зменшенню числа розборок і розтинів дизелів при переході від планово-технічних норм обслуговування і ремонту до обслуговування і ремонту їх по фактичному стану; зниженням витрат на ремонт за рахунок виявлення потенційних відмов на ранній стадії їх виникнення; скороченням витрат палива шляхом своєчасного виявлення і усунення дефектів і порушень в налаштуванні паливної апаратури. Використання систем комп'ютерної діагностики робочого процесу суднових дизелів направлено на підвищення їх економічності, збільшення ресурсних характеристик і продовження міжремонтного періоду їх експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.Варбанец Р.А. Параметрическая диагностика судовой дизельной энергетической установки в эксплуатации /Р.А.Варбанец, Ю.Н.Кучеренко,А.И.Головань//Авиационно-космическая техника и технология. Научно-технический журнал. Харьков, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского ХАИ-2011.-N10(87).

2.Варбанец Р.А. Комплексный контроль технического состояния судового двигателя с турбонаддувом / Р.А.Варбанец, В.Г.Ивановский, Ю.Н.Кучеренко, А.И.Головань//Искуственный интеллект.- 2012.-N3.

3. Operation manual LEMAG PREMET LEHMANN & MICHELS GmbH |

4. Operation manual EPM-XP Software Release l.0.6.8 2013-11-12

5. Судовий механік:Довідник/Авт.кол.: За ред. А.А.Фока. д-ра техн.наук. суднового старшого механика.- У 3-х т. –Т.1.-Одеса: Фенікс.2008.-1036.

УДК: 629.5.064-843.6:502/504

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

Екологічні показники роботи суднових дизелів

Проблемою мінімізації вмісту токсичних складових у відпрацьованих газах займались і продовжують займатись багато організацій та науково-дослідних інститутів. Найнебезпечнішими забруднювачами (шкідливими викидами) атмосфери є наступні газоподібні речовини й частки, що викидаються з відпрацьованими газами:

- окис вуглецю і двоокис вуглецю, що утворюються в результаті горіння;
- оксиди азоту NOx, що утворюються в циліндрі двигуна при температурі понад 1200 °С, коли азот стає хімічно активним газом;

- оксиди сірки SOx: ангідриди окиснення SO2, SO3;
- продукти неповного згоряння CxHx;
- тверді дрібні частки не повністю згорілого палива, мастила, сажі й ін.

Процес утворення шкідливих викидів протікає як у камері згоряння, так і в потоці газів, що відробили, а саме в ході охолодження газів за рахунок природньої тепловіддачі й перемішування з атмосферним повітрям.

Монооксид вуглецю CO або окис вуглецю (також чадний газ, оксид вуглецю (II)) – безбарвний неймовірно токсичний газ без смаку та запаху – утворюється в результаті неповного згоряння палива, основними причинами якого є: неякісна організація процесу сумішоутворення, а саме порушення в регулюванні подачі палива в камеру згоряння; незадовільний стан паливної апаратури (нагари на розпилювачі форсунки); відкладання в газовипускному й повітряному трактах.

Диоксид вуглецю CO2 або двоокис вуглецю (також вуглекислий газ, вуглекислота, оксид вуглецю (IV), вугільний ангідрид) — газ без кольору (за нормальних умов), без запаху – не токсична, але шкідлива речовина: у зв'язку з його високою концентрацією в атмосфері підсилюються процеси потепління клімату.

Окиснення вуглецю також відбувається у випускному тракті двигуна. Величина викидів залежить від фізико-хімічних властивостей палива і практично пропорційна його витраті.

Оксиди азоту NOx являють собою набір з'єднань NO, N2O, N2O3, з якого оксид NO становить 90%. У камері згоряння оксид азоту NO утворюється із суміші азоту з киснем при високотемпературному режимі (1200 – 1500°C):

$$O_2 \longrightarrow 2O;$$
$$N_2 + O \longrightarrow NO + N;$$
$$N + O_2 \longrightarrow NO + O;$$
$$N + OH \longrightarrow NO + H.$$

Монооксид азоту або окис азоту NO – безбарвний отруйний газ, погано розчиняється у воді, на повітрі негайно окислюється до диоксиду азоту NO2, являє собою коричнево-бурий газ з неприємним запахом, що і є токсичним.

Щоб зменшити вміст оксидів азоту у випускних газах, необхідно створення в камері згоряння умов, за яких не відбувається інтенсивне утворення хімічно активного азоту N і оксиду азоту NO.

Оксиди сірки SOx утворюються під час горіння сірки, що міститься у паливі. Отриманий у результаті реакції диоксид сірки SO2 може окиснитися далі до сірчистого ангідриду:

$$4\ SO_2 + 2\ O_2 \longrightarrow 4SO_3.$$

Далі, при температурі нижче за 815 °C, відбувається реакція SO3 з парами води, що призводить до утворення сірчаної кислоти H2SO4, що викликає потім корозію стінок циліндро-поршневої групи.

Вуглеводні СхНх – це декілька десятків речовин, що утворюються в результаті неповноти згоряння через порушення процесів сумішоутворення й згоряння.

Тверді частки, основним компонентом яких є сажа у відпрацьованих газів, складаються до 75 % з нерозчинних речовин (твердий вуглець, оксиди металів, сульфати, нітрати, асфальтени) і розчинних (смоли, феноли, нагар). Тверді частки у відпрацьованих газах утворюються в результаті неповного окиснення складових палива в процесі згооряння.

У цілому частка забруднення повітряного середовища від судноплавства становить 5 – 10 % загального обсягу, але цей відсоток постійно зростає через збільшення інтенсивності роботи флоту у світовій торгівлі, а також різкого рівня форсування дизелів в останні 20 років. Саме тому достатньо гостро проблема зниження викидів токсичних відпрацьованих газів стоїть у суднових двигунах внутрішнього згоряння. Крім того, судноплавство дає 7 % світових викидів оксидів азоту NOx, 7 % оксидів сірки SOx і 3,3 % диоксида вуглецю CO_2.

Цілком природньо, що міжнародні організації, а також країни або окремі регіони почали спроби в правовому полі (конвенціально) обмежувати кількість шкідливих викидів суднових дизелів. Так «Правила попередження забруднення повітряного середовища з суден» (Додаток VI до Міжнародної конвенції по попередженню забруднення з суден МАРПОЛ 73/78), що введені у 1997 році, встановлюють норми щодо окислів азоту, озоноруйнуючих речовин, окіслів сірки, летючих органічних сполук та інших атмосферних викидів. Міжнародна угода по обмеженню викиду оксидів азоту NOx з відпрацьованими газами суднових головних двигунів була запропонована ІМО (Міжнародною морською організацією).

У зв’язку з цим достатньо жорсткі вимоги пред’являються до високообертових двигунів внутрішнього згоряння, токсичність відпрацьова-них газів яких є найбільш високою. Проблема скорочення токсичних викидів від високообертових двигунів внутрішнього згоряння особливо гостро стоїть у прибрежних 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 прибрежні територіальні води Сполучених Штатів Америки, передбачається введення вимоги по 6 – 7-кратному скороченню викидів оксидів азоту NOx. 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 прибрежну зону. У такому режимі працюють двигуни внутрішнього згоряння фінської фірми Wärtsilä. Одним з перспективних варіантів реалізації цього направлення є застосування водня у якості присадки до органічного палива.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:
1. 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. – вип. 40. – ТехнЕкологенна безпека. – С.115-116.
2. Пахомов Ю.А. Топливо и топливные системы судовых дизелей /Ю.А. Пахомов, Ю.П. Коробков, Е.В. Дмитриевский, Г.Л. Васильев. – М.: Рконсульт, 2004. – 496с.
3. MAN B&W Disel A/S, Copenhagen, 2000. NO_x control in practice and demands made on owners and engine builders [online]. Available from: http://www.manbw.com/files/news/filesof 4458/p9000.pdf

УДК 621.436

Солодовников В. Г.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Обеспечение требований энергетической эффективности при подготовке судовых высоковязких топлив

Основным источником, обеспечивающим работу судовых энергетических установок (СЭУ), в том числе двигателей внутреннего сгорания, является топливо.

Международной организацией по стандартизации (ISO) в 1987 году были разработаны и утверждены стандарты на топливо DP-8216 и DP-8217. В настоящее время данные стандарты обозначаются как ISO 8216-1:2010 и ISO 8217:2010 и определяют 4 марки дистиллятных и 6 марок остаточных судовых топлив. Дистиллятные топлива: газойль DMA, чистое дизельное топливо DMB и DMZ (с большим значением минимальной вязкости), топливо DMX, предназначенное для использования в наружном аварийном оборудовании. Вязкость этой группы топлив при 40°С составляет 1,4…2,5 мм^2/с (сСт). Остаточные топлива: RMA, RMB, RME, RMG, RMH, RMKG, вязкость которых при 50°С лежит в пределах 180…700 мм^2/с (сСт) [1].

В последние годы на транспортных судах для судовых среднеоборотных дизелей (СОД) все шире применяются тяжелые сорта топлива высокой вязкости, имеющие более низкую стоимость [2]. Согласно требованиям таких ведущих дизелестроительных фирм, как Wartsila-Sulzer, MAN Diesel судовые СОД должны надежно эксплуатироваться на всех режимах (в том числе на пусковых и переходных) при использовании топлив с вязкостью до 380 мм^2/с. Перспективы развития транспортного судостроения с применением СОД в мировой практике тесно связаны с использованием подобных видов топлива. При этом следует отметить, что тяжелые сорта топлива используются для работы как главных СОД, передающих свою мощность на движитель, так и вспомогательных, являющихся приводом электрических генераторов двигателей.

Для определения энергетических затрат на обеспечение процесса топливоподготовки выполнялись исследования с компонентами СЭУ судна, предназначенного для перевозки генеральных грузов дедвейтом 7650 тонн, оснащенным главным двигателем с мощность 3440 кВт. При этом определялось количество непрерывно затрачиваемой энергии на дополнительную подготовку высоковязкого топлив RMG 380 в топливной системе судового СОД, а также определялись возможности минимизации этих затрат [3]. Основные процессы, которые в ней протекают: отстаивание, фильтрация, сепарация, нагревание, распыливание топлива, дозирование подачи и синхронизация с движением поршня. В настоящее время при эксплуатации этой системы нет общепринятой концепции номинирования параметров работы ее элементов. Документы, регламентирующие подготовку топлива на судне, обычно состоят из нормативных документов классификационных обществ, инструкций завода строителя двигателя, изготовителя элементов топливной системы (насосов, фильтров, подогревателей и т.п.), анализов топлива, а также рекомендаций по поддержанию температуры топлива в танках запаса, элементах системы и перед топливным насосом высокого давления (ТНВД).

Для определения непрерывно затрачиваемой энергии на доподготовку высоковязкого топлива RMG 380 в топливной системе судового СОД, данная топливная система CIMAC была условно разделена на шесть последовательно включенных блоков, связанных короткими трубопроводами (рис. 1). Блоки топливоподготовки включали в себя следующие основные компоненты: I-ый блок – танк запаса тяжелого топлива, топливный подогреватель, топливоперекачивающий насос, отстойная цистерна; II-ой блок – топливоподкачивающий насос сепаратора топлива, топливный подогреватель сепаратора топлива; III-ий блок – сепаратор топлива, расходная цистерна; IV-ый блок – бустерный насос, бустерная цистерна; V-ый блок – топливный подогреватель, регулятор вязкости, фильтр грубой очистки топлива; VI-блок – топливный фильтр тонкой очистки, ТНВД, форсунка [4].

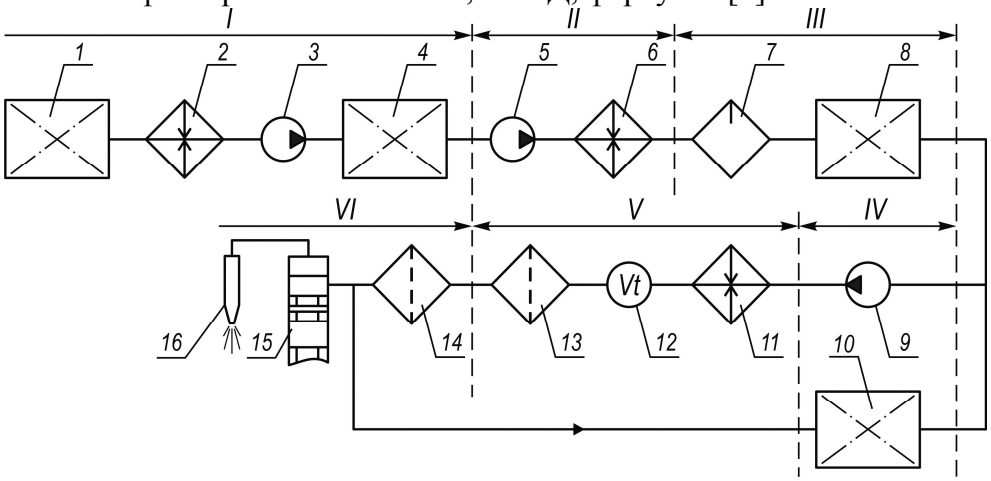


Рис. 1. Блоки подготовки топлива в топливной системе судового дизеля:

1 – танк запаса тяжелого топлива; 2 – топливный подогреватель; 3 – топливоперекачивающий насос; 4 – отстойная цистерна; 5 – топливоподкачивающий насос сепаратора топлива; 6 – топливный подогреватель сепаратора топлива; 7– сепаратор топлива; 8 – расходная цистерна; 9 – бустерный насос; 10 –бустерная цистерна; 11 – топливный подогреватель; 12 – регулятор вязкости; 13 –фильтр грубой очистки топлива; 14 – топливный

фильтр тонкой очистки; 15 –ТНВД; 16 –форсунка

Снятые параметры системы топливоподготовки давления, температуры, вязкости тяжелого топлива в реальном времени при постоянной нагрузке СДВС использовались в разработанной программе (на базе пакета MATLAB R2011b) по расчету энергетических затрат на процесс топливоподготовки для шести блоков топливной системы. Результаты расчета суммарных энергетических затрат на подготовку тяжелого топлива RMG 380: I блок – ΣW_{I} =21,6 кВт; II блок – ΣW_{II} =17,6 кВт; III блок – ΣW_{III} =6,85 кВт; IV блок – ΣW_{IV} =0,72 кВт; V блок – ΣW_{V} =4,73 кВт; VI блок – ΣW_{VI} =6,82 кВт; $\Sigma W_{I\text{-}VI}$ = =59,32 кВт (что составляет 1,72 % от мощности СДВС).

Следующим этапом исследований была оптимизация работы системы топливоподготовки дизеля.

В качестве целевой функции была выбрана величина энергетических затрат на процесс топливоподготовки. Решение, позволяющее минимизировать энергетические затраты на топливоподготовку, заключалось в назначении соответствующих рабочих параметров топливной системы – давления и температуры, которые удовлетворяют минимальному решению целевой функции. Минимальные затраты на процесс топливоподготовки были определены для дизельного топлива DMA, имеющего вязкость 5…8 мм^2/с (сСт) при 20°С. Данные сорта топлива не требуют дополнительных затрат энергии на увеличение температуры, а кроме того, на процесс их сепарации потребляется меньшее количество энергии [1].

В результате расчета минимизирования энергетических затрат на топливоподготовку дизельного топлива марки DMA были получены следующие результаты: I блок – ΣW_{I}=12,3 кВт; II блок – ΣW_{II}=8,6 кВт; III блок – ΣW_{III}=3,42 кВт; IV блок – ΣW_{IV}=0,65 кВт; V блок – ΣW_{V}=2,18 кВт; VI блок – ΣW_{VI}=6,54 кВт; $\Sigma W_{I\text{-}VI}$=33,69 кВт (что составляет 0,98 % от мощности ГД).

Совершенствование системы топливоподготовки может быть выполнена как за счет выбора оптимальных параметров в системе, так и за счет выведения из соответствующих блоков системы отдельных элементов с последующей их заменой на альтернативными, обеспечивающими поддержание заданных эксплуатационных показателей топлива и параметров в топливной системе.

Для осуществления поставленной задачи выполнялось следующее:

в I-ом блоке, была произведена только настройка температур подогрева тяжелого топлива по танкам запаса;

во II-ом блоке, была произведена настройка температур подогрева тяжелого топлива в отстойных танках тяжелого топлива, сепаратор тяжелого топлива был первоначально продублирован, а впоследствии заменен установкой, обеспечивающей ультразвуковую подготовку топлива [4];

в III-ем блоке, была произведена настройка температур тяжелого топлива в расходной цистерне согласно выбранным пределам минимизации;

в IV-ом блока была произведена настройка давления всасывания и нагнетания бустерного насоса согласно выбранным пределам минимизации;

в V-ом блоке, была произведена настройка температур подогрева тяжелого топлива в подогревателе тяжелого топлива.

В результате расчета энергетических затрат на топливоподготовку тяжелого топлива RMG 380 в системе топливоподготовки, использующей вместо сепарации ультразвуковую обработку были получены следующие результаты: I блок – ΣW_{I}=18,3 кВт; II блок – ΣW_{II}=6,4 кВт; III блок – ΣW_{III}=2,86 кВт; IV блок – ΣW_{IV}=0,68 кВт; V блок – ΣW_{V}=3,64 кВт; VI блок – ΣW_{VI}=6,68 кВт; $\Sigma W_{I\text{-}VI}$=38,56 кВт (что составляет 1,12 % от мощности ГД) [3].

Обобщенные диаграммы энергетических затрат в разных блоках на подготовку тяжелого топлива RMG 380 до регулировки основных параметров топливной системы, зависимость минимальных энергетических затрат на подготовку дизельного топлива DMA и зависимость энергетических затрат после регулировки основных параметров топливной системы и использования ультразвуковой обработки топлива показаны на рис. 2.

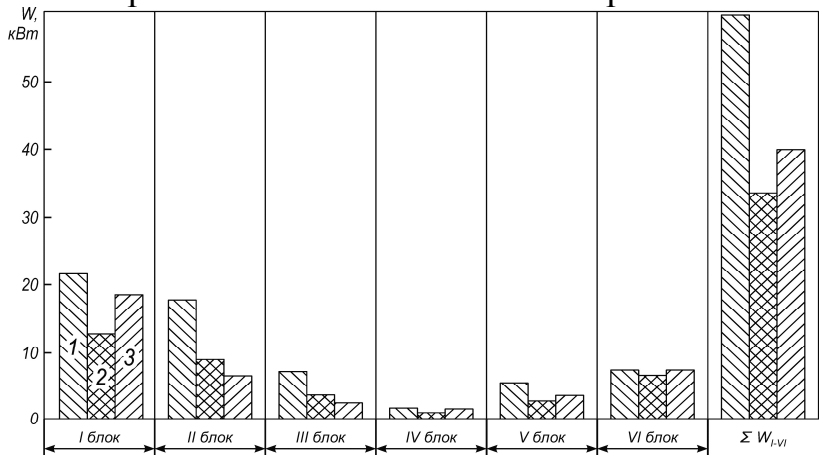


Рис. 2. Зависимость энергетических затрат в судовой системе топливоподготовки: 1– тяжелое топливо RMG 380; 2 – дизельное топливо DMA; 3– тяжелое топливо RMG 380 при использовании ультразвуковой подготовки вместо сепарации топлива

Таким образом, суммарное снижение энергетических затраты на топливоподготовку всей топливной системы при использовании ультразвуковой обработки топлива вместо процесса его сепарации для тяжелого топлива RMG 380 составляет 20,76 кВт (35,0 % от базового значения необходимой мощности ГД).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добровольский В. В., Солодовников В. Г. Энергетическая эффективность топливных систем современных транспортных судов, работающих на высоковязких сортах тяжелых топлив вязкостью 380 мм^2/с и выше // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. – 2013. – № 32. – Одесса: ОНМА. – С. 101-112.

2. Sagin S. V., Solodovnikov V. G. Cavitation Treatment of High-Viscosity Marine Fuels for Medium-Speed Diesel Engines // Modern Applied Science; Published by Canadian Center of Science and Education, Vol. 9, № 5. – 2015. – P. 269-278. DOI:10.5539/mas.v9n5p269.

3. Солодовников В.Г. Обеспечение требований энергетической эффективности при подготовке тяжелых топлив для судовых двигателей внутреннего сгорания// Austria-science. – 2017. – № 7.– С. 33-37.
4. Сагин С. В., Солодовников В. Г. Ультразвуковая обработка топлива для судовых среднеоборотных дизелей // Austria-science. – 2017. – № 2. – С. 88-93.

УДК 629.12.004.67.002.

Небеснов В.В.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Применение трехмерных технологий в судоремонте

Эффективная работа флота в значительной степени связана с техническим состоянием судов, которое в свою очередь, зависит от правильной технической эксплуатации, применение передовых методов, высокого качества ремонта.

К судовым техническим средствам и конструкциям предъявляются особые требования надежности из-за автономности работы флота. Несмотря на это, любая система или устройство со временем выходит из строя и требует ремонта.

Одним из эффективным и перспективным методом восстановления или замены вышедших из строя деталей и элементов корпуса судна, является 3D технология.

Принцип печати довольно прост. Используется базовый принцип 3D-печати — построение объекта из тонких горизонтальных слоев материала (рис.1). Печатающая головка, как ясно из названия, формирует слои материала, постепенно выращивая из них объект. Она движется только в горизонтальной плоскости (вдоль осей X и Y).Рабочая платформа служит для размещения объекта при печати, она двигается сверху-вниз (по оси Z).

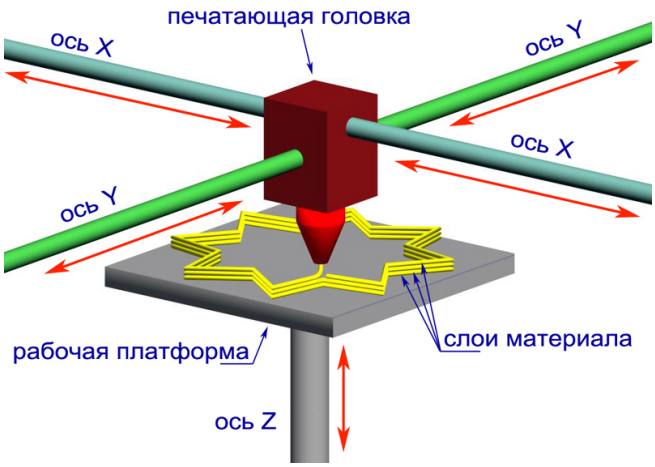


Рис.1. Принцип 3D-печати

В начале рабочая платформа находится в верхнем положении, а печатающая головка накладывает на нее нижний слой объекта. После того как пер-

вый слой сформирован, рабочая платформа опускается на толщину слоя, и печатающая головка накладывает новый слой материала на предыдущий.

Этот цикл повторяется до тех пор, пока не будет построен целый объект. 3-D печать, это по своей сути – последовательная сварка. Каждый последующий слой добавляется на предыдущий, позволяя производить довольно сложные детали без необходимости масштабной обработки или использования специализированных инструментов . Также технология уменьшает необходимость создания компонентов из множества отдельных частей. Можно воссоздавать детали более прочные и легкие при гораздо меньшей себестоимости, окупаемость такого рода принтеров происходит за довольно короткое время .

Операции осуществляются через компьютер. Регулировка температуры сопла и рабочей площадки, темпы подачи материала и работы электромотора, который обеспечивает позиционирование печатающей головки находятся под управлением электронных контроллеров. Как правило, современные модели таких устройств базируются на системе Arduino с открытой архитектурой (рис. 2). Что касается программного языка, то в принтерах используется так называемый G-код, построенный на командах управления оборудованием для печати.

Одними из первых заинтересовались данной технологии датские судоходные компании, а так же ВМФ США.

Например, датская судоходная компания Maersk совершает прорыв в устранении неполадок на судах используя 3D-печать для изготовления запасных частей на борту. В своем квартальном журнале компания уже поделилась преимуществами использования таких технологий.

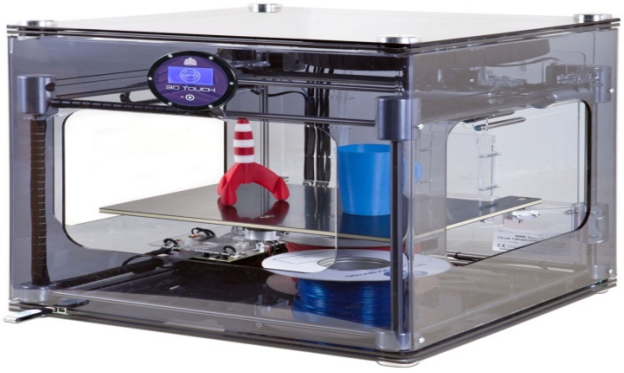


Рис.2. 3-D-принтер для изготовления деталей

В ВМС США сообщили об установке 3D-принтера на борту одного из своих кораблей, авианосца «USS Essex». Вооруженные силы США ранее неоднократно проявляли заинтересованность 3D-технологиями. Тогда это было всего лишь тестированием использования новых возможностей, однако вскоре 3D-печать оказалась незаменимой.

Такие принтеры способны печатать с использованием ABS термопластов, однако компания изучает возможность в будущем применение материалов на основе металлического порошка.

По словам менеджера по закупкам компании Group Procurement Marine, Маркуса Кахна, использование такой печати невероятно выгодно. Поломки на судне часто происходят посреди океана, при этом доставка необходимых запчастей может обойтись очень дорого, а также занять много времени. Две трети судов задействованы в трамповом судоходстве. Так как эти суда не находятся на конкретной линии, то доставить необходимые для ремонта детали в определенный порт не всегда возможно.

В то же время, 3D-принтер может в течении нескольких часов из недорогого материала изготовить необходимую деталь. Для этого инженеру в Копенгагене достаточно отправить простой STL файл с необходимой моделью детали на компьютер, который находится на борту судна.

Распечатка детали и замена поврежденной занимает при этом считанные часы. Минимальная стоимость самого принтера составляет 2 000 долларов и зависит от особенности печати: насколько она должна быть точной, размеров изготавливаемой детали и от материала, который при этом используется. Так принтер, который печатает металлические изделия, может обойтись и в 1 млн долларов. Конечно, пока неизвестно, когда можно будет установить такие принтеры повсеместно, однако преимущества их использования уже неоспоримы.

Основной проблемой в использовании данной технологии на борту судов является разработки в области технологии материалов, в частности развитие в области порошковой металлургии материала из которого могут создаваться непосредственно рабочие детали.

Безусловно, ABS полимеры являются неоспоримым прорывом в области 3D – технологий.

Детали, отпечатанные из этого полимера, отличаются высокой прочностью и сопротивляемостью механическим нагрузкам. Но, невзирая на это ,пластики не могут быть применены в изготовлении судовых деталей, работающих в области высоких температур (например, втулок цилиндров ДВС) и больших механических и усталостных нагрузок (шатуны, коленчатые валы).

В качестве примера рассмотрим шатунный болт. (рис.3).

Силы, действующие на шатунный болт очень большие, особенно у длинноходовых двухтактных малооборотных дизелей, поэтому существующие ABS пластики вряд ли смогут выдержать такие нагрузки.

Еще одним немаловажным моментом в изготовлении и ремонте деталей является точность их изготовления.

Неоспоримой потребностью в судостроении и судоремонте является развитие именно металлической печати. Уже разработано ,как минимум, несколько рабочих технологий для этих целей. Принтеры позволяют производить металлические предметы или наносить покрытие на готовые изделия.

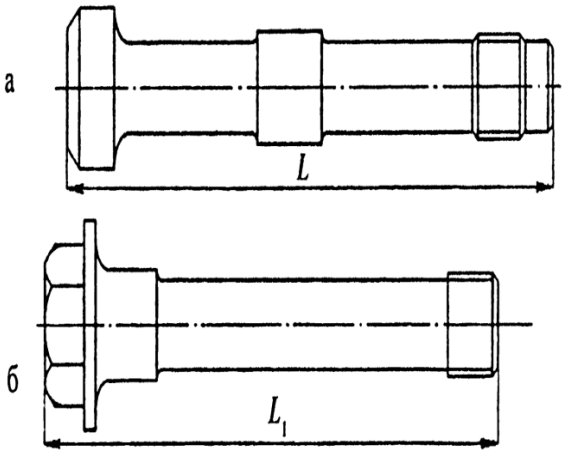


Рис.3 Шатунные болты:

а — болт сквозной; б — болт, вворачивающийся в тело шатуна

Такой принтер «выращивает» физический объект послойно. То есть сначала на компьютере в системе проектирования создается виртуальная модель в трех измерениях, поделенная на цифровые слои. После пуска объекта в печать головка 3D-принтера начинает выдавливать жидкий металл или высыпать порошок на печатающую платформу, образовывая первый слой. Затем машина наносит вторую порцию металла и так далее.

В настоящее время используется две основные технологии изготовления и ремонта деталей из металла: **лазерная** и **струйная печать**. Они подразумевают постепенное и аккуратное наслаивание металла, в результате чего должна получиться задуманная фигура. В то же время инженеры разработали несколько способов выращивания.

Изготовление изделий из металла **струйной печатью** является одним из старейших способов аддитивного производства. Он позволяет наилучшим способом использовать металлы в качестве расходных материалов. Но эта технология применима только лишь в случае создания композитной модели. Дело в том, что струйный 3D-принтер позволяет печатать объекты из любого материала, который может быть переработан в порошок. Во время печати измельченное сырье связывается полимерами.

Из-за этой технологической особенности готовые изделия нельзя считать полностью металлическими, однако существует возможность преобразовать полученные композитные модели в **цельнометаллические**.

Для этого применяют термическую выплавку или выжигание полимеров и спекание порошкообразного металла. Такие изделия из металла не являются прочными, поскольку имеют пористую структуру. Добавить прочности можно за счет пропитки другим металлом. Например, стальная деталь станет более прочной, если ее пропитать бронзой.

3D-печать способом **ламинирования** подразумевает нанесение на платформу тонких листов металла, сформированных лазерной или механической резкой, и их склеивание для получения объемной модели. Этот метод позволяет использовать в качестве расходного материала даже металлическую фольгу.

Ламинированные объекты не обладают механической прочностью, поскольку их целостность основана на склеивании связуемых листов. Преимуществом этой технологии считается относительная дешевизна и возможность создавать детали, идентичные с цельнометаллическими изделиями.

Метод **послойного наплавления** 3D-печати основан на использовании легкоплавких материалов. Имеющиеся в принтере экструдеры не способны выдерживать высокие температуры. Поэтому создавать объекты из чистого металла и сплавов практически невозможно. Таким образом, разработчики расходных материалов начали выпускать специальное композитное сырье. Примером такого решения служит материал, состоящий из термопластика и бронзового порошка. Принтер по металлу такого типа печатает предметы, которые по внешнему виду невозможно отличить от цельнометаллического изделия однако физические свойства таких объектов существенно хуже. Поэтому послойное наплавление применяется исключительно для создания макетов. В судостроении и ремонте данный тип может использоваться также только в качестве создания модели.

Выборочное лазерное спекание металлов позволяет работать не только с прочным материалом, но и с термопластиком. Здесь создание трехмерных объектов происходит с помощью лазерных установок путем спекания металлического порошка. Довольно часто для снижения мощности лазерных излучателей на металлический материал наносят более легкоплавкое покрытие. В таких случаях для повышения прочности готовых изделий требуется дополнительное их спекание и пропитка металлами.

Разновидностью описанного метода является прямое лазерное спекание металлов. Эта технология ориентирована на работу с чистым металлом порошкообразного вида. Для реализации этой цели в 3D-принтере имеются специальные герметичные камеры, наполненные инертным газом. Также печатная машина применяет подогрев расходного материала до температуры, при которой он плавится, но еще не кипит. Это позволяет сократить время печати и экономить на мощности лазерных установок.

Печать методом лазерного спекания происходит слоями. На рабочую платформу машина наносит тонкий слой подогретого порошка, частицы которого спекаются между собой и с предыдущим слоем. Лазерный луч постоянно меняет свое направление с помощью системы зеркал. Лазерное спекание дает возможность создавать сложные конструкции без дополнительных опор. Таким образом, эта технология используется для создания высокоточных деталей, не требующих последующей механической обработки, а также для производства цельных деталей такого уровня сложности, который невозможно осуществить обычным литьем. Лазерное спекание позволяет работать со сталью, никелевыми сплавами, титаном .

Выборочная лазерная и электронно-лучевая плавка металлов является довольно высокоточным методом. Хотя детали и их элементы, полученные лазерным спеканием металла, обладают высоким качеством, они имеют ограниченное применение. Пористая структура готовых объектов снижает

их прочность. Такие изделия малопригодны для промышленного применения, а больше используются для создания макетов и прототипов. Для производства прочных и устойчивых к нагрузкам моделей инженеры преобразовали технологию прямого лазерного спекания в метод лазерной плавки.

В его основе лежит сильная термическая обработка металлического порошка для получения гомогенного предмета. Объекты, напечатанные этим способом, фактически не отличаются по механическим и физическим свойствам от аналогов, изготовленных традиционными методами. Параллельно с этой применяется технология **электронно-лучевой плавки.** Она дает возможность создавать объекты с той же точностью и разрешением, но имеет определенные преимущества.

Так, 3D-принтер по металлу такого типа вместо электромеханических зеркальных систем оснащен электронными пушками. Это позволяет машине работать на сравнительно больших скоростях, что повышает производительность без существенных осложнений процесса. Такая технология является отличной альтернативой традиционному промышленному производству, где используется дополнительное оборудование (печи и литые формы). Принтеры для лазерной и электронно-лучевой плавки в основном применяются для производства и ремонта камер сгорания ДВС и газовых турбин .

Прямое лазерное аддитивное построение. 3D-принтер по металлу прямого лазерного построения можно использовать для ремонта судовых деталей.

В основе этой технологии лежит принцип напыления частиц металлического порошка на поврежденные части объекта и их плавку лазером. Этот метод характеризуется узкой специализацией и применяется исключительно в заводских условиях. Печатная головка принтера такого типа перемещается в трех плоскостях и вращается вокруг вертикальной оси. Таким образом, она работает под любым углом. Подобные машины используются для ремонта сложных механизмов и крупногабаритных изделий, например для газотурбонагнетателей ДВС .

Перспективными материалами для изготовления и ремонта деталей судовых технических средств и конструкций являются модернизированные полимеры, такие как углеволокно (рис.4-6). Их использование на СРП и судах может снизить стоимость ремонта более, чем в 2 раза, а затраты времени на ремонт в 5 раз.

Процесс изготовления втулки на 3D принтере с качеством соответствующим фрезерованию показан на рис.7.

На рис.8 представлены перспективы внедрения 3D технологий в судоремонте за которыми, безусловно, будущие.

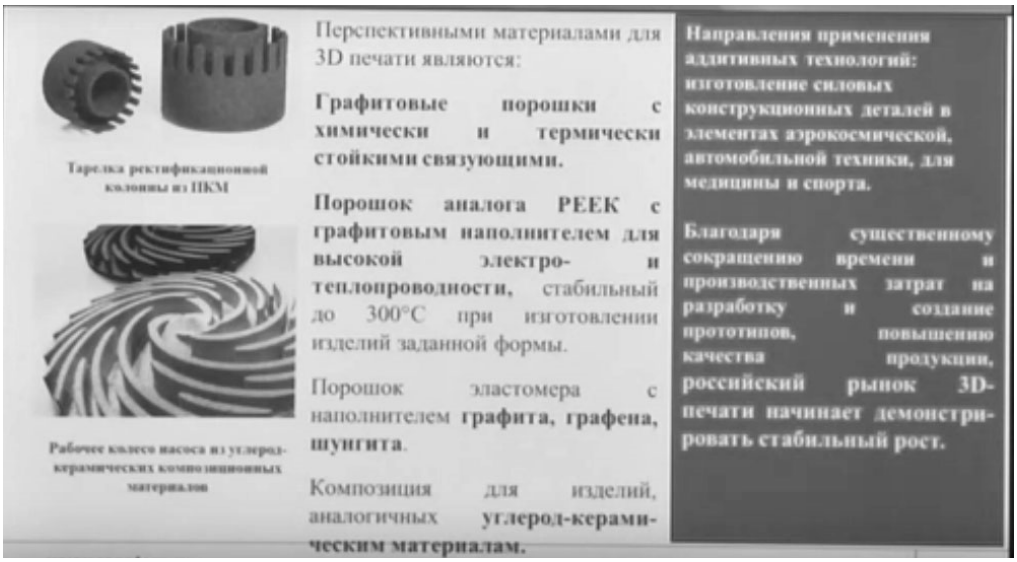


Рис.4 Перспективные материалы для 3D

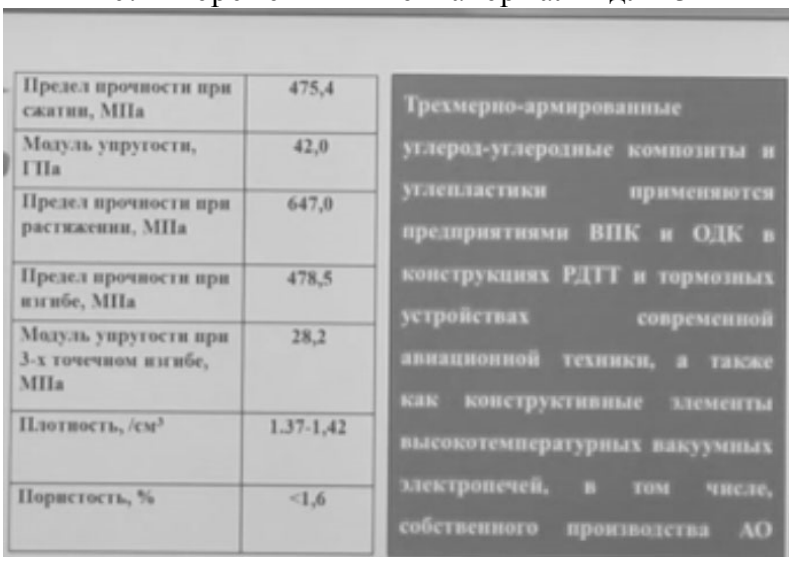


Рис.5 Механические характеристики углеволокнита

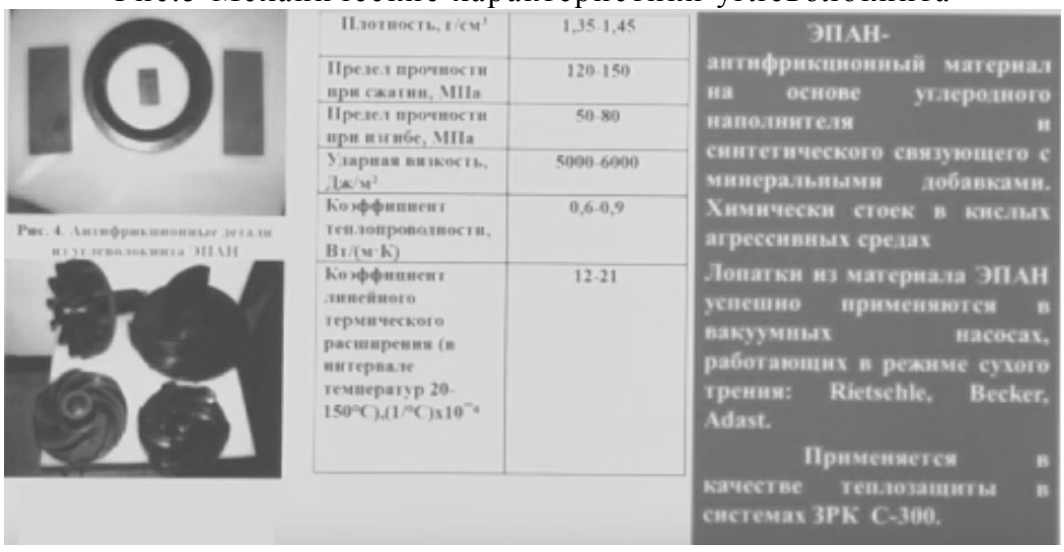


Рис.6 Материалы для высоконагруженных деталей

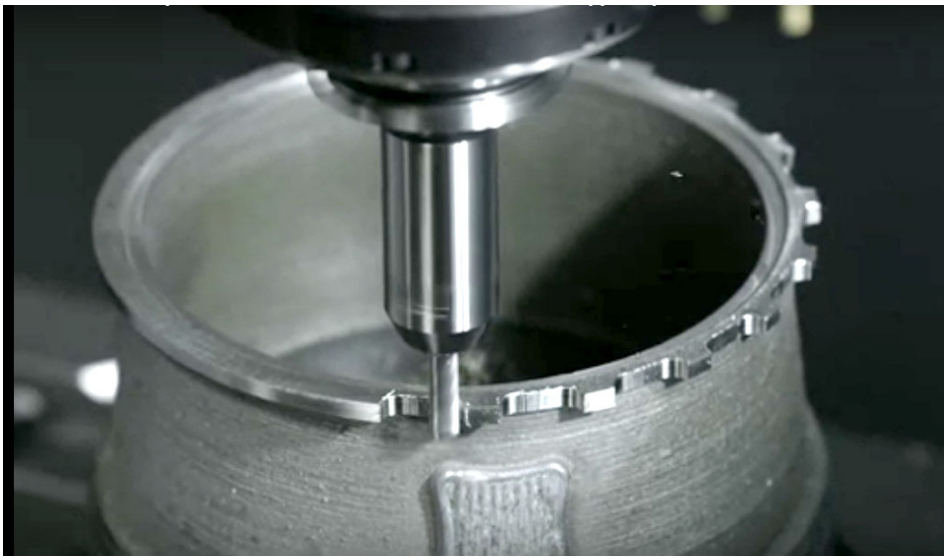


Рис.7 Прцесс изготовления деталей на 3D принтере

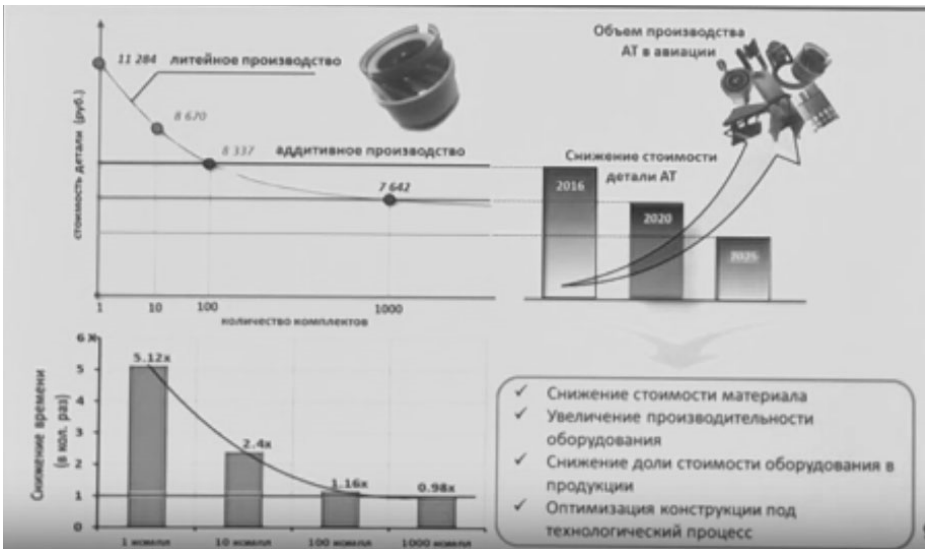


Рис.8 Перспективы внедрения 3D технологий в судоремонте

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Л.С.Баева, А.А.Маринин «Современные технологии аддитивного изготовления объектов»: Вестник МГТУ, том 17.-2014.

2. Материалы с конференции «Центр технологии судостроения и судоремонта (ЦТСС)» - «Виртуальное прототипирование для судостроения.- 2017.

3. «Решения фирмы АСКОН и опыт внедрения на предприятиях судостроения » Журнал «Рациональное управление предприятием».- 2017.

4.Материалы V международного форума технологического развития Технопром Новосибирск.- 2017.

5 Wohlers Report 2012. Additive Manufacturing and 3D Printing State of the Industry Annual Worldwide Progress Report, ISBN 0-9754429-8-8, -2012.,286c.

6. Woodcock J. 3D printing, government and police. TCT Magazin, Volume 20/Ussue 6. Nov. 12.-2012.

УДК 662.767.7; 621.431.36; 621.434.49

Чепалис И.В., Бадынюк Д.А., Козьминых Н.А.
Национальный университет "Одесская морская академия"

Проблемы газоподачи малооборотных двухтопливных двигателей

Ужесточение требований к выбросам вредных веществ в окружающую среду обусловило в мировом флоте тенденцию замещения остаточных видов топлива на сжиженный природный газ. Наибольшим образом это относится к судам, киль которых заложен после 1 января 2016 года и планирующихся к эксплуатации в районах контроля выбросов МАРПОЛ Приложение VI [1].

В качестве главной энергетической установки (ГЭУ) широкое распространение получили малооборотные двухтактные двигатели компании WinGD серии RT-flex DF и X-DF. Двигатели данной серии характеризируются низким давлением подачи газового топлива в цилиндры (максимум 16 бар) и соответствуют современным экологическим требованиям к выбросам NO_x при работе в газовом режиме без последующей обработки отработавших газов [2]. Основная задача совместной работы систем газоподготовки и газоподачи – стабилизация давления газа в коллекторе, заданного системой управления двигателя.

Регулирование давления газа происходит в двух независимых системах: газоподготовки, от танка запаса сжиженного природного газа (СПГ) до буферного танка (5), и газоподачи, от ГКБ (6) до главного двигателя (7), рис. 1.

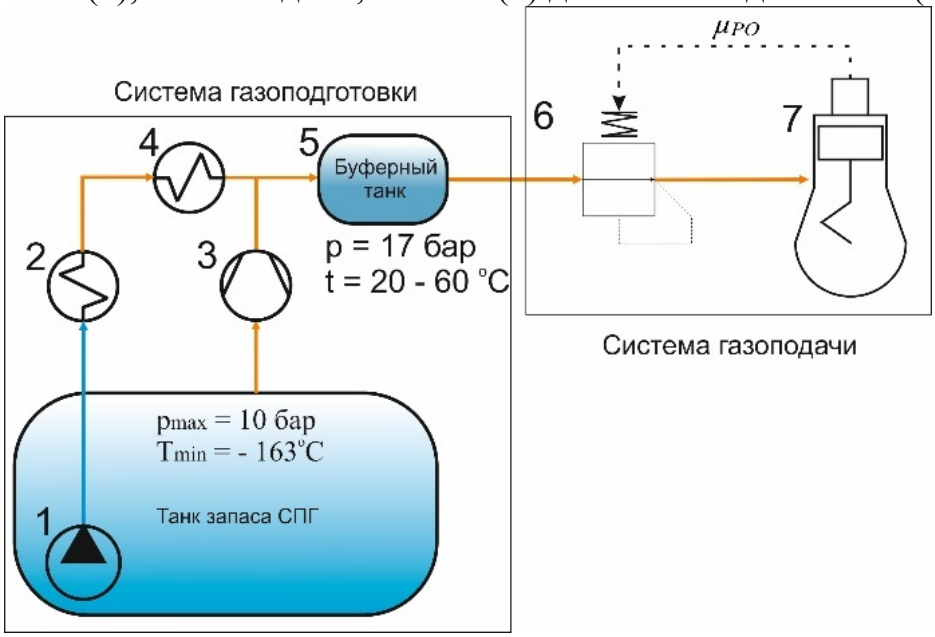


Рис. 1. Общая принципиальная схема систем газоподготовки и газоподачи:
1 – насос; 2 – испаритель; 3 – компрессор; 4 – подогреватель; 5 – буферный танк; 6 – ГКБ; 7 –двигатель

Задачей системы газоподготовки является обеспечение определенных термодинамических параметров газа в буферном танке, посредством процессов испарения, подогрева, сжатия. Из танка запаса многоступенчатым центробежным насосом регулируемой производительности СПГ подаётся в ис-

паритель. После испарителя газ поступает в подогреватель, в котором температура повышается до 30 ºС. Из подогревателя газ поступает в буферный танк. Стабилизация давления газа в танке запаса СПГ происходит посредством отбора «теплых» паров компрессором [3]. Из буферного танка, который играет роль аккумулятора, газ при температуре 30 ºС и давлении 18 бар поступает к системе газоподачи.

Задачей системы газоподачи является стабилизация давления в газовом коллекторе, заданного системой управления двигателем, посредством дросселирования потока газа.

Двигатель и система газоподачи разработаны таким образом, что устойчивая работа двигателя гарантирована производителем на всех допустимых режимах для газа с низшей теплотой сгорания 28 МДж/нм^3, что является типичным для паров СПГ с высоким содержанием азота, тогда как 36 МДж/нм^3 соответствует чистому метану [4]. При этом, давление газа перед ГКБ должно составлять 15-16 бар.

Необходимый заряд газа в двигатель осуществляется посредством регулирования давления в газовом коллекторе и длительности открытия гидравлически управляемых газовых впускных клапанов. Сплошной линией на рис. 2. изображены графики зависимости мощности двигателя от давления газа при работе в режиме максимально допустимой нагрузки R1-R3 (внешняя номинальная характеристика) для различных значений низшей теплоты сгорания топлива. Пунктирной линией, соответственно, изображены зависимости при работе в режиме минимальной нагрузки R2-R4 («облегченная» винтовая характеристика).

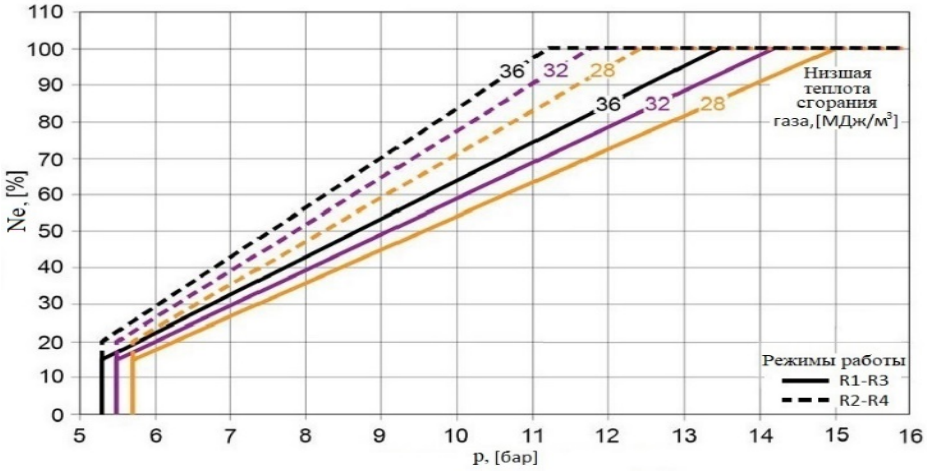


Рис. 2. График зависимостей $N_e(p)$ для газа различной теплотворности

Влияние теплотворности горючей смеси на мощность двигателя вытекает из уравнения эффективной мощности двигателя:

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

где K – коэффициент; V_h - рабочий объем двигателя; $Q_{см}$ – теплотворность рабочей смеси; η_v – коэффициент наполнения; η_i – индикаторный КПД; η_m – механический КПД; n – частота вращения.

Из уравнения следует, что мощность двигателя прямо пропорциональна теплоте сгорания горючей смеси [5].

В свою очередь, повышение нагрузки двигателя сопровождается ростом давления заряда воздуха в начале сжатия p_a:

$$p_a = \xi_a(\pi_k p_{a1} - \Delta p_k) \quad (2)$$

где ξ_a – отношение давления заряда в начале сжатия к давлению наддува; π_k – степень повышения давления в компрессоре; p_{a1} – давление воздуха на входе в компрессор; Δp_k – потеря давления наддува вследствие сопротивления охладителя наддувочного воздуха [6].

Соответственно, для уверенной подачи газа в цилиндр требуется создать необходимый перепад давлений на газовом впускном клапане при всех нагрузках двигателя.

Согласно результатам первых стендовых испытаний двигателя WinGD 7RT-flex50DF на заводе Yuchai Marine Power Co., Ltd (г. Чжухай, КНР) было установлено, что на малых нагрузках (до 10%) двигатель работает неустойчиво. Система газоподготовки на испытаниях была настроена таким образом, что давление газа до ГКБ составляло 12 бар. При нагрузке двигателя 10%, уставка давления в газовом коллекторе составляла 3,09 бар. Режим работы регулятора давления в ГКБ из непрерывного переходил в позиционный, что привело к значительным колебаниям давления газа на входе в двигатель. На рис. 3 приведены графики динамики колебаний частоты вращения двигателя n(t), давления в газовом коллекторе p(t) и сигнала управляющего воздействия $\mu_{PO}(t)$, снятые во время стендовых испытаний [7].

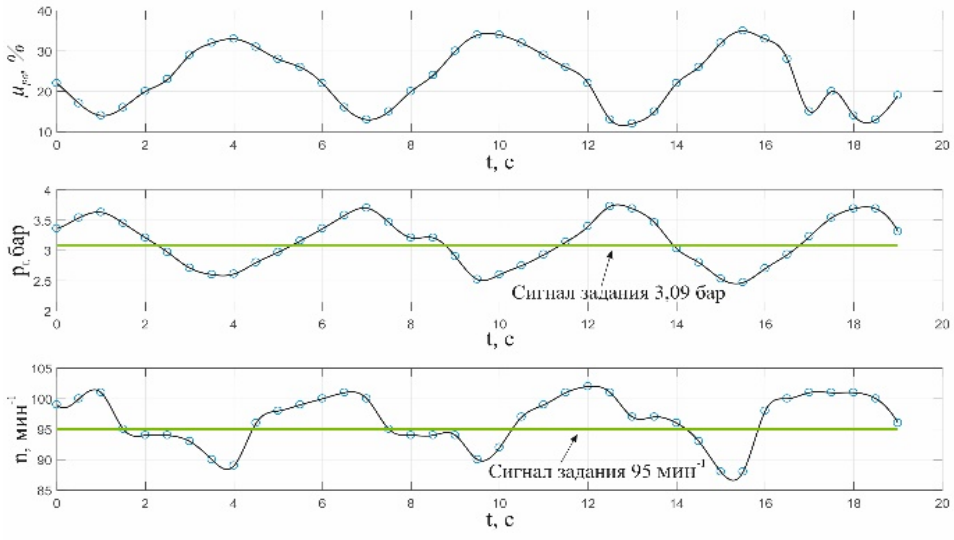


Рис. 3. Колебания частоты вращения n(t), давления в газовом коллекторе p(t) и сигнала управляющего воздействия $\mu_{PO}(t)$

Согласно требованиям к параметрам газа для обеспечения устойчивой работы двигателя, отклонение давления от заданного значения должно быть в пределах ±0,2 бар. Из полученных опытных данных видно, что отклонение давления газа на входе в двигатель достигает критических 0,65 бар, а откло-

нение частоты вращения от заданного значения - 10 оборотов. Незамедлительно система защиты переключила двигатель в дизельный режим.

По причине невозможности внесения конструктивных изменений в систему газоподачи, после стендовых испытаний было принято решение установить дополнительный регулятор давления (8) в систему газоподготовки (рис.4) между буферным танком и ГКБ.

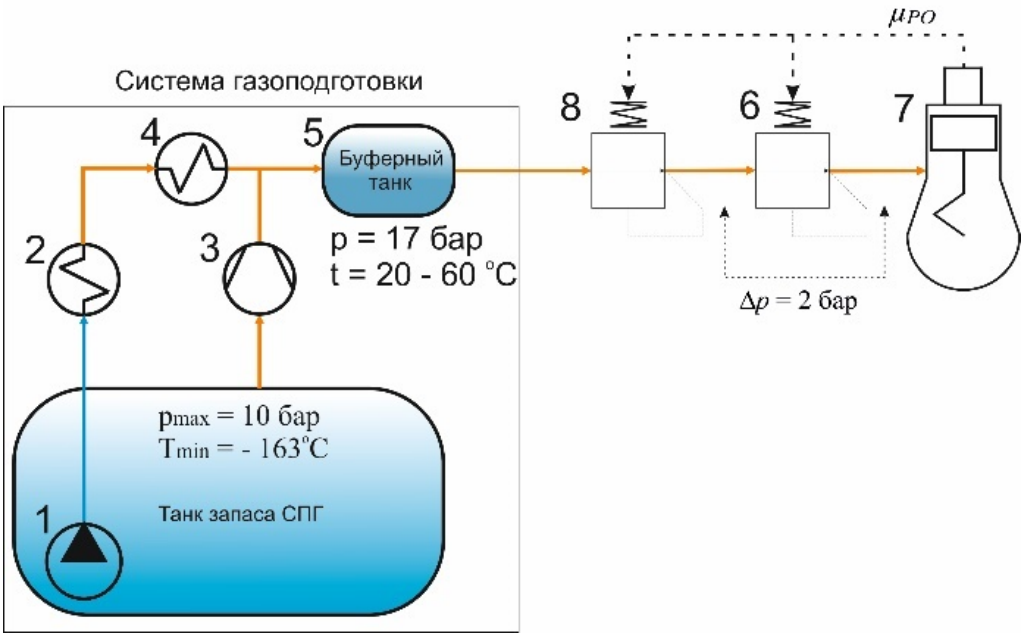


Рис.4**.** Принципиальная схема систем газоподготовки и газоподачи после модификации

Задача данного клапана – стабилизация постоянного перепада давлений Δp = 2 бар между входом в ГКБ и уставкой давления в газовом коллекторе двигателя. Это решение предотвратит выходы регулирующего клапана давления в ГКБ на предельные значения и, соответственно, колебания давления газа в коллекторе.

Внедрение дополнительного участка регулирования давления усложняет систему, а регулирующий клапан частично выполняет функцию регулятора давления в ГКБ. Очевидно, что система нуждается в дальнейшем исследовании и совершенствовании по следующим возможным направлениям:

1) изменение закона регулирования давления газа в системе газоподготовки на следящий, в зависимости от нагрузки двигателя;

2) совершенствование системы газоподачи, путем подбора регулирующего клапана в ГКБ с динамическим диапазоном регулирования и расходной характеристикой наиболее соответствующими предъявленным требованиям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. IMO MARPOL Consolidated Edition 2017//CPI Group 2017. – 450 p.
2. Чепалис И.В., Козьминых Н.А. Особенности использования природного газа в качестве топлива судовых энергетических установок// Одесса: НУ «ОМА» Материалы научно-технической конференции «Речной и морской флот: эксплуатация и ремонт». – 2017. - С. 18-22

3. Чепалис И.В. Анализ систем подачи природного газа в двухтактные газодизели на судах-метановозах// Технические газы. – 2016. - № 3. – С. 65 – 70.111
4. Чепалис И.В. Проблемы устойчивой работы газодизелей при использовании естественно испарившегося груза метановозов в качестве топлива// Вестник гос. университета морского и речного флота. — 2015. — № 29. — С. 68–75.
5. Коллеров Л.К. Газовые двигатели поршневого типа. // Москва: Машгиз. 1955. – 211 с.
6. Самсонов В.И., Худов Н.И. Двигатели внутреннего сгорания морских судов.// М.: Транспорт, 1990. - 368с.
7. Shop trial report. Engine type YCMP-WINGD 7RT-flex50DF 11.09.17 - 12.09.17.

УДК 621.43.068.4+66.097.3

Чепалис И.В., Козьминых Н.А.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Каталитическая очистка отработанных газов от оксидов азота.

На 66-й сессии Комитета по защите морской среды (КЗМС) Международной Морской Организации (ИМО) были приняты поправки к Приложению VI Конвенции МАРПОЛ, в частности, к правилу 13 «Окислы азота (NO_x)». Принятый Уровень III в значительной степени ужесточает (на 75%, в сравнении с Уровнем II) пределы выбросов окислов азота NO_x. Требования применимы к судам, киль которых заложен после 1 января 2016 года и эксплуатирующихся в существующих районах контроля выбросов: Североамериканский район и район Карибского моря США, а с 2021 года на район контроля выбросов Северного и Балтийского морей, для судов, построенных после 01 января 2021 года [1].

Пределы к выбросам NO_x распространяются на жидкотопливные, двухтопливные и газовые поршневые двигатели внутреннего сгорания (ДВС), мощностью более 130 кВт, кроме аварийных двигателей.

Снижение выбросов обеспечивают за счет комплексного подхода, включающего первичные и вторичные меры. Меры по оптимизации процесса горения и конструкции ДВС, в результате которых снижается концентрация или предотвращается образование NO_x в отработавших газах относят к первичным. К вторичным относят очистку отработавших газов от NO_x перед их выбросом в атмосферу [2].

Среди вторичных технологий в судовых условиях наибольшее распространение получил метод химического восстановления NO_x до молекулярного азота, не нуждающегося в утилизации, с применением восстановителя и катализатора – селективное каталитическое восстановление (СКВ). За по-

следние 30 лет более пятисот судов были оборудованы установками СКВ [3]. Средняя эффективность очистки выбросов NO_x по технологии СКВ достигает 80 - 95%.

Требования к минимальной температуре отработавших газов на входе в реактор СКВ составляют 270°С - 420°С, в зависимости от массовой доли серы в топливе. Опыт эксплуатации в мире накоплен для судовых установок СКВ, которые работают в составе среднеоборотных двигателей (СОД). Однако, внедрение установок СКВ в выпускной тракт малооборотных двигателей (МОД) является проблематичным, ввиду низкой температуры отработавших газов после газотурбонагнетателя (ГТН).

В судовых малооборотных двигателях допустимо сжигание широкого спектра топлива: от маловязких низкосернитых дистиллятов до высоковязких остаточных сортов. Ввиду того, что ограничения по выбросам NO_x Уровня III распространены только для судов, эксплуатирующихся в Районах контроля выбросов, для большей гибкости и, в конечном результате экономии на стоимости топлива и продлении ресурса реактора СКВ необходимо предусмотреть возможность переключения двигателя между режимами Уровень II/Уровень III.

Комбинирование районов контроля выбросов, правил и пределов выбросов NOx и SOx, район плавания судна делают выбор технологии снижении сложным вопросом. В настоящий момент все существующие районы контроля выбросов по оксидам азота, также являются и ограничивают выбросы серы. Маловероятно, что новые районы выбросов будут ограничивать только выбросы NOx, не включая SOx. Как следствие, технология снижения NOx используется с топливом, массовая доля серы в котором <0,1%, типично будучи легким дистиллятным топливом. Однако, использование остаточных топлив, преимущественно с содержанием серы до 3,5% с технологией улавливания оксидов серы является привлекательным с точки зрения гибкости в выборе топлива, в особенности для судов, работающих большую часть времени в районах контроля выбросов серы. Среднее содержание серы в остаточных сортах топлива примерно составляет примерно 2,4 %. Также разработаны ультранизкосернистые остаточные топлива (<0,1%), свойства которых близки к остаточным, но позволяют эксплуатировать суда в районах контроля выбросов серы без скрубберов.

Метод (СКВ) в идеальном случае позволяет уменьшить выбросы NO_x более, чем на 90%, хотя на практике из-за ограничений, накладываемых объемом каталитического реактора и допустимым проскоком аммиака, обычно достигается степень очистки 65—80%.

В присутствии кислорода восстановление оксида азота протекает реакция:

$$4\,NH_3 + 4\,NO + O_2 \rightarrow 4\,N_2 + 6\,H_2O \qquad (1)$$

Роль кислорода заключается в реокислении поверхности катализатора, которая переходит в восстановленную форму при адсорбции аммиака.

Реакции диоксида азота с аммиаком не зависит от концентрации кислорода и протекает уравнению:

$$3NO_2 + 4NH_3 \rightarrow 3{,}5N_2 + 6H_2O \quad (2)$$

В эквимолярной смеси NO – NO_2 оксиды азота восстанавливаются по реакции:

$$NO_2 + NO + 2NH_3 \rightarrow 2N_2 + 3H_2O \quad (3)$$

Основную роль в процессе СКВ играет реакция (1), поскольку 90—95% оксидов азота приходится на NO.

В соответствии со стехиометрией реакций (1) и (3) мольное соотношение NO_x и NH_3 должно быть близко к единице. Для уменьшения выбросов NO_x на 60 – 85%, мольное отношение NH_3:NO должно составлять 0,6 – 0,9, при этом аммиака в отходящих дымовых газах остается менее 1 – 5 млн$^{-1}$. Температура, необходимая для восстановления NO_x, зависит от типа катализатора и обычно составляет 300 – 400 °С. При практической организации очистки газов от NO_x необходимо учитывать все возможные процессы, которые могут происходить в системе, содержащей катализатор, аммиак и отработавшие газы. В присутствии кислорода на катализаторе могут протекать реакции

окисления аммиака

$$2NH_3 + 1{,}5O_2 \rightarrow N_2 + 3H_2O, \quad (4)$$

$$2NH_3 + 2O_2 \rightarrow NO_2 + 3H_2O, \quad (5)$$

$$2NH_3 + 2{,}5O_2 \rightarrow 2NO + 3H_2O.$$

Особенно нежелательна реакция (6), протекание которой может привести даже к увеличению концентрации NO по сравнению с его концентрацией в исходном газе. Кроме того, большинство используемых катализаторов ускоряет реакцию

$$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3 \quad (6)$$

При проскоке аммиака и при наличии в отработавших газах SO_3 могут протекать реакции

$$NH_3 + H_2O + SO_3 \rightarrow NH_4HSO_4 \quad (7)$$

$$2NH_3 + H_2O + SO_3 \rightarrow (NH_4)_2SO_4 \quad (8)$$

в которых образуются гидросульфат и сульфат аммония. Таким образом, наиболее важными требованиями к катализаторам СКВ являются их высокая активность в диапазоне температур 300 – 400 °С и высокая селективность, исключающая заметное протекание нежелательных реакций (4) – (9) [3].

Минимальная рабочая температура для реактора СКВ с учетом конденсации аммиака и серной кислоты в гидросульфат аммония определяется путем предотвращения объемной конденсации соли:

$$K = \frac{p_{NH_3(г)} \cdot p_{H_2O \cdot SO_3(г)}}{a_{(NH_3 \cdot H_2SO_4)(кд.)}}, \quad (9)$$

где K - температурозависимая константа равновесия для объемной конденсации, получаемая экспериментальным путем [4]; $a_{(NH_3 \cdot H_2SO_4)(кд.)}$ – термодинамическая активность конденсированной фазы. Ввиду того, что парциальные давления компонентов газовой фазы (аммиака, NH3(г) и газообразной серной кислоты, H2O·SO3(г)) зависят от общего давления, температура конденсации соли увеличивается при повышении давления в реакторе.

На рис.1 показаны температуры конденсации в зависимости от содержания серы в топливе для давлений отработавших газов 1 и 4,3 бар. Кривые были рассчитаны компанией-двигателестроителем WinGD для потока выхлопных газов 8,0 кг/кВтч, и концентрации NH3(г) 1000 млн-1 и окисления 5 – 10% доступного S+VI [4].

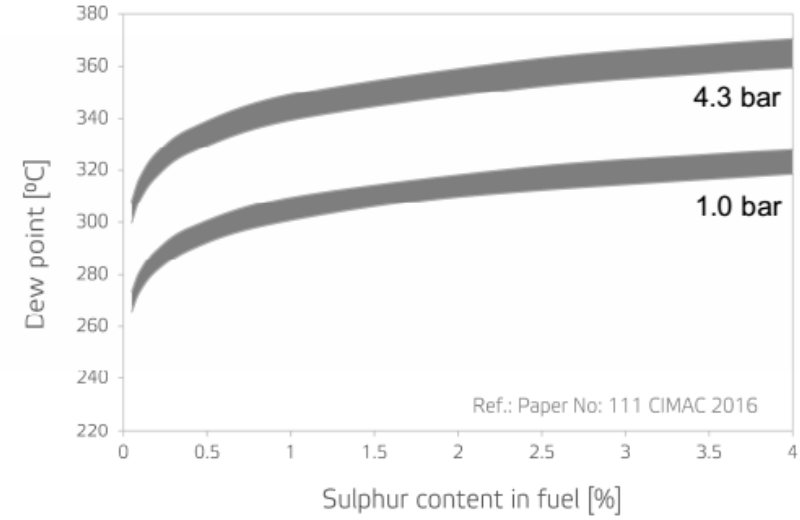


Рис. 1 Объемна конденсация сульфатов аммония при различном содержании серы

Кроме объемной конденсации сульфатов аммония, аммиак и сера также могут снизить активность катализатора посредством капиллярной конденсации в порах катализатора. Конденсация в порах происходит при более высоких температурах в сравнении с объемной конденсацией рис. 2.

Степень увеличения этой температуры показана на графике 2, где взаимосвязь между капиллярной (в порах, радиусом 30 Å) и объемной конденсацией сульфатов аммония в порах также по данным WinGD. Для одинаковых парциальных давлений (log K) аммиака и серной кислоты капиллярная конденсация происходит на 30°C выше чем объемная. При эксплуатации реактора ниже этой пороговой температуры существует возможность серьезной деактивации СКВ, т.к. значительная часть пор катализатора будет закупорена солями сульфатов аммония.

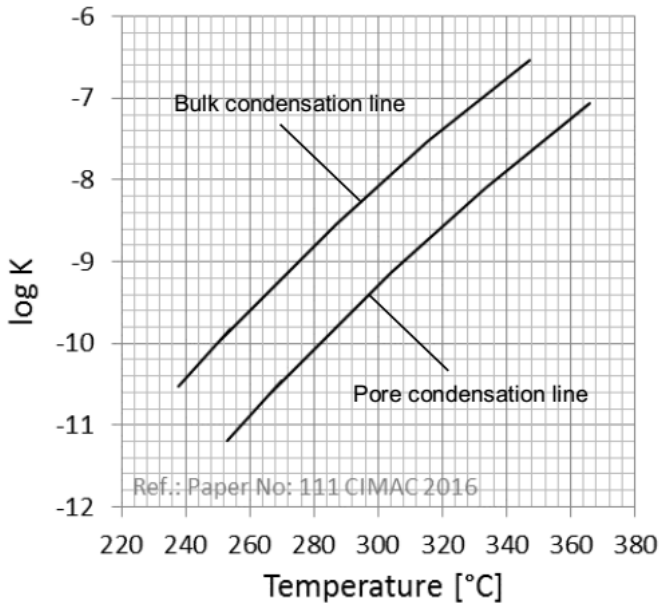


Рис. 2 Взаимосвязь между объемной и капиллярной конденсацией сульфатов аммония

Реакция конденсации сульфатов аммония обратимая и может быть восстановлена. Согласно тестам компании, WinGD на 4-х цилиндровом тестовом двигателе, мощностью 6,5 МВт полное восстановление реактора может быть достигнуто, если катализатор эксплуатируют выше температуры объемной конденсации. Тесты также показали, что кратковременная работа катализатора при температуре ниже 15°C еще позволяет регенерировать реактор за приемлемое время и температурный режим. Также испытания показали крайне быстрое деактивацию катализатора и эксплуатация реактора ниже точки росы крайне не рекомендовано.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. RESOLUTION MEPC.243(66) Adopted on 4 April 2014
2. Исмагилов З. Р., Керженцев М. А., Сушарина Т. Л. Каталитические методы снижения выбросов оксидов азота при сжигании топлива//Успехи химии. – 1990. – С. 1676-1699
3. Briggs J. The impact of Tier III NOx regulation on the shipping industry// IACCSEA Bulletin, 2014. – P. 22 - 25

Kristoffer Sandelin, Daniel Peitz SCR under pressure - pre-turbocharger NO_x abatement for marine 2-stroke diesel engines// CIMAC paper no.: 111, CIMAC Congress, Helsinki, 2016. – P. 1 – 8

УДК 621.431.74

Лалетін Є.Л.
Національний університет “Одеська морська академія

Особливості технічної експлуатації суднових систем

Морські судна світового флоту оснащуються сучасним устаткуванням, необхідним для забезпечення безпеки плавання, схоронності вантажу, заданих умов життедіяльностіі й продуктивної праці екіпажа.

Серед цього встаткування важливе місце приділяється судновим системам. Суднові системи находяться в безперервному розвитку, змінюючись під впливом досягнень науки й техніки, досвіду експлуатації й економіки. На сучасних судах використовуються дистанційно керовані й автоматично діючі комплекси, впровадяться пластичні маси, нові робочі речовини. Знижуються вага й обьем, займані окремими системами.

Деякі суднові системи (зокрема, осушувальні, баластові, водовідливні, стічні) пов'язані із забезпеченням безпеки життєдіяльності екіпажа й судна в цілому, запобіганням забруднення моря, тому до них предьявляются підвищені вимоги.

Ефективність і безпека експлуатації суднових систем регламентується положеннями ІМО, Регістру, міжнародних конвенцій ПДНВ 78/95 (з виправленнями), МАРПОЛ 73/78 (з виправленнями), СОЛАС і ін.

Як бачимо, питанням експлуатації суднових систем приділяється підвищена увага. Вимоги, наведені у вище перерахованих Конвенціях і документах повинні неухильно виконуватися екіпажем судна, у тому числі машинною командою.

Оснащення судів надійними і економічно доцільними системами, що діють автоматично, є важливим завданням у справі подальшого розвитку морських перевезень. Це завдання містить у собі велике коло питань, що стоять у тому числі й перед експлуатаційниками.

Розглянемо особливості технічної експлуатації суднових систем і відцентрових насосів, найбільш численних на судах.

При технічному використанні й обслуговуванні суднових систем, у тому числі насосів, потрібно керуватися Правилами технічної експлуатації суднових технічних засобів.

У процесі експлуатації суднових систем режим їх роботи може змінюватися. Процес зміни або характеристики мережі, або напірної характеристики насоса з метою забезпечення необхідної подачі, називається регулюванням роботи насо-са. Результатом регулювання роботи насоса є зміна його подачі до необхідної величини. У той же час зміна подачі приводить до зміни напору, потужності й ККД насоса.

Велике значення в підвищенні ефективності експлуатації насосів має вибір метода регулювання продуктивності. При цьому можуть використовуватися наступні засоби (в основному коли подачу доводиться зменшувати): зміни частоти обертання вала насоса; дроселювання; перепуску частини рі-

дини з нагнітального трубопроводу в усмоктувальний; зменшення зовнішнього діаметра робочого колеса насоса.

Найбільше економічно ефективним є зміна частоти обертання.Для визначення ефективної частоти обертання і ККД насоса використовується універсальна характеристика при різних комбінаціях напору і подачі (рис.1). Вона дає можливість повністю оцінити експлуатаційні якості насоса й визначити область доцільного його застосування. Заводи-виготовлювачі надають до насоса саме таку характеристику, яка є основою для побудови регулювальних залежностей системи насос — мережа (трубопровід). За допомогою універсальної характеристики можливо визначити режим роботи насоса, що відповідає при даному трубопроводі максимальному ККД.

На рис.1 на універсальну характеристику насоса накладена характеристика трубопроводу $H_{тр}$. Кожна крапка перетинання характеристики трубопроводу з характеристиками насоса при частотах обертання 800, 880, 960, 1040 хв-1 визначає подачу, напір і ККД насоса. Значення подачі, напору й ККД можуть бути знайдені для будь-яких проміжних частот обертання наближеною інтерполяцією.

При малій частоті обертання напір насоса стає недостатнім для подачі в даний трубопровід. На рис.1 це приблизно 780 хв-1. Самий економічний режим роботи насоса відповідає 900—1000 хв-1, значення ККД при цьому 78—79 %.

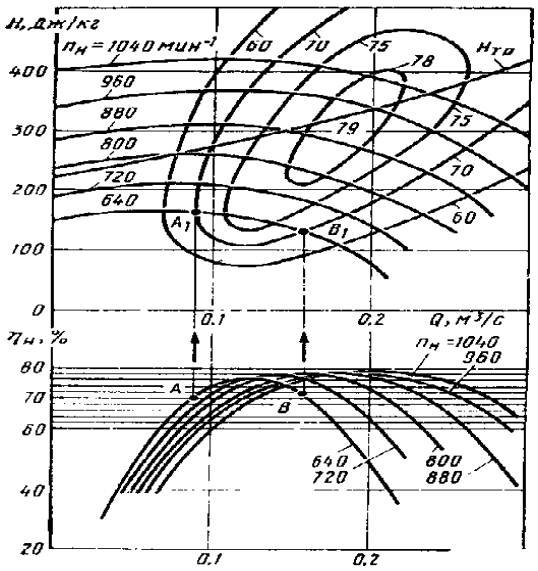


Рис.1-Характеристика системи насос-трубопровід при зміні частоти обертання насоса

При використанні вищенаведеного методу нові значення подачі, тиску й потужності насоса можна визначити по вираженнях:

$$Q' = Q\frac{n'}{n};\ p' = p\left(\frac{n'}{n}\right)^2;\ N'_{\text{п}} = N_{\text{п}}\left(\frac{n'}{n}\right)^3$$

Тут нові параметри позначені штрихом, номінальні параметри дані без штриха.

Найбільш доступний, простий і часто застосовуваний у всіх системах – метод дроселювання, але при його використанні зменшується ККД насоса.

Економічність регулювання роботи насоса різними засобами звичайно порівнюють по споживаної насосом потужності. Дослідження для насосів, у яких зі збільшенням подачі потужність зростає (тихохідні й нормальні відцентрові насоси), показали, що найменша споживана потужність виходить при регулюванні зміною частоти обертання, трохи більша потужність — при регулюванні дроселюванням, сама більша — при регулюванні перепуском.

У судновій практиці виникає необхідність значного збільшення витрати або напору в трубопроводі. Спільна робота насосів на загальний трубопровід є одним з методів такого регулювання. Часто доводиться підключати два або кілька однакових відцентрових насосів до загального трубопроводу. Насоси можуть працювати на трубопровід паралельно або послідовно. Насоси, що працюють за такою схемою, звичайно розміщають поблизу друг від друга.

Збільшення витрати до споживача через трубопровід досягається включенням у роботу паралельно діючому насосу ще одного або декількох насосів.

При паралельному включенні насосів сумарні характеристики одержують шляхом складання подач при однаковому напорі. Кожний з насосів повинен розбудовувати необхідний напір, а сума подач насосів повинна рівнятися необхідній подачі (при режимі високого ККД). Паралельне з'єднання насосів найбільше ефективно при пологої характеристиці мережі. Пуск у роботу насосів при однаковій частоті обертання слід робити одночасно, поступово відкриваючи клінкети на обох насосах.

При послідовному включенні насосів(при якому збільшується напір) сумарни характеристики одержують шляхом складанням напорів при однаковій подачі. Послідовне з'єднання насосів економическі виправдовується при крутих характеристиках мережі з малим значенням $H_{ст}$ (статична складова). Кількість послідовно включених насосів лімітується міцністю корпусов і надійністю роботи кінцевих ущільнень.

При виході з ладу насоса якої-небудь системи, виникає необхідність його заміни. Якщо на судні немає аналогічного по параметрах насоса, можна використовувати два менші по потужності. При цьому треба враховувати в складі якої системи вони будуть працювати. Наприклад, для баластової системи, де необхідні більші значення подач, потрібно насоси з'єднувати паралельно. При використанні насосів, наприклад у системі підпитки котельної установки, де мають місце більші значення напорів, потрібно їх з'єднувати послідовно.

Такі експлуатаційні завдання, як перевірка умов усмоктування насоса, що обслуговує систему, визначення економічності його роботи, заміна насоса, призначення вихідного діаметра робочого колеса для його обрізки з метою поліпшення експлуатаційних показників насоса, підключення насоса до системи трубопроводів, вирішуються тільки при наявності характеристики трубопроводу.

У суднових умовах можна побудувати натурну характеристику трубопроводу у такий спосіб.

Будують характеристики за даними, одержуваними при визначенні подачі насоса у випадку повністю відкритих клапанів на трубопроводі. При цьому знімають показання мановакумітра й манометра, встановлених біля насоса, у відповідності з методикою експериментування, а обробляють дані за допомогою статистичних методів. Результати експерименту використовують для одержання постійної W трубопроводу:

$$W=(H_{тр}-H_{ст})/Q^2_{тр}$$

де $H_{ст}$ — відомий для трубопроводу статичний напір, м.;

$Q^2_т$ – витрати через трубопровод.

При відомому її значенні розраховують усі необхідні покізники, використовувані для побудови характеристики. Рівняння характеристики трубопроводу має вигляд:

$$H_{тр}=H_{ст}+WQ2_т.$$

Витрату й напір одержують при проведенні експерименту. Призначаючи проміжні витрати через трубопровід, розраховують напори й будують характеристику трубопроводу.

Отже, при експлуатації систем натурна напірна характеристика насоса і трубопроводу дозволяють не тільки діагностувати сам насос і трубопровід,який він обслуговував, але й установити економічність дії насосної установки; виробити при необхідності рішення, пов'язані із заміною насоса, його приводу або трубопроводу; виробити рішення, спрямовані на підвищення економічності роботи установки й контролювати стан окремих елементів насоса й трубопроводів.

Використання вищенаведених методів дозволяє підвищити ефективність роботи та обслуговування суднових систем, їх надійність.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1.Корнилов Э.В. Вспомогательные механизмы и судовые системы. Справочник. – Одесса: Феникс, 2006. – 290 с.

2.Судовой механик: Справочник в 3-х томах. Под редакцией Фока А.А. Том 2. – Одесса: Феникс, 2010. – 1032 с.

3. Харин В.М., Занько О.Н., Дёкин Б.Г., Писклов В.Т. Судовые машины, установки, устройства и системы: Учебник для вузов. – М.: «Транслит», 2010. – 645 с.

УДК 534.01

Григор'єва О.С.
Національний університет «Одеська морська академія»

Зниження рівнів вібрацій та шуму на морських суднах, при роботі суднових установок

Проблема зниження негативного впливу вібрації та шуму на морських суднах залишається актуальною.

Поділ на вібрацію та шум є умовною, оскільки діапазон вібрації та шуму лежать у межах 1,5÷11000 Гц [1]. Суттєвий небезпечний вплив на екіпаж представляють низькі частоти (від 2-30Гц), що пояснюється з можливістю співпадіння власних частот коливання органів людини з частотами віброколивань суднових установок.

Вибір заходів по зменшенню рівня вібрацій регламентуються вимогами національних санітарних норм вібрацій та міжнародним стандартом ISO 263/1.

Джерелами структурного шуму на суднах є головні двигуни, дизель-генератори, гребні гвинти, системи охолодження та вентиляції, палубні механізми, удари хвиль о корпус судна, тощо. Зниження таких шумів досягається покращення устрою суднових механізмів, заміною металевих деталей на пластикові або гумові, ефективним змащуванням деталей тертя, зменшення вібрацій суднових установок, тощо [1, 2].

Вибір підходящого способу зниження рівнів шуму та вібрацій залежить від характеру джерела вібрації [2]. Вібрації та шум виникають при роботі різноманітних суднових установок, та викликані процесами тертя, ударів складових деталей, та іншими факторами.

Одним з напрямком боротьби з вібрацією є віброізоляція та віброзахист суднових енергетичних установок. Джерела вібрації намагаються ізолювати від корпусу різноманітними пристроями, які знижують передачу вібрації.

В цілях віброзахисту використовують різноманітні технічні пристрої та опори, що знижують коливання об'єкту захисту або зусилля, які передаються на підстави. Сучасні віброзахисні опори засновані на використанні властивостей пружних матеріалів, пневматичних, гідравлічних, пристроїв з електромагнітним компенсатором жорсткості, тощо. Для поліпшення їх роботи використовуються також засоби їх автоматичного регулювання [1, 2].

Роботу віброзахисних пристроїв можна змоделювати за допомогою спрощеної електромеханічної системи [3-5]. При цьому необхідно враховувати цілий ряд вимог, для надійної роботи установок. Важливою вимогою ефективної віброізоляції, є співвідношення власних частот ω_0 віброізольованого кріплення, до частоти p змушених сил, які виникають як з боку віброізольваного устаткування, або з боку корпуса судна (ходова вібрація). В цьому випадку, підбирають параметри електромеханічної системи такими щоб вони відповідали умові $p = 1{,}42\omega_0$.

Задача віброзахисту полягає у наступному: 1) ізолювання фундаменту від шкідливих вібрацій установок; 2) захист будь-якого пристрою від шкідливої дії вібрації. В обох випадках треба дослідити коливання тіла масою m В першому випадку збудження коливань називають силовим. У другому випадку збудження коливань називають кінематичним.

Рівняння руху тіла масою m матимуть вигляд [3]:

при силовому збудженні коливань

$$m\ddot{x}_{1c} + b\dot{x}_{1c} + cx_{1c} = Q_0(t) \tag{1}$$

при кінематичному

$$m\ddot{x}_{1k} + b\dot{x}_{1k} + cx_{1k} = cx + b\dot{x} \tag{2}$$

де x_1, $\dot{x}_1$ – деформація та швидкість руху пружини; c – жорсткість; b – коефіцієнт демпфірування.

Частинний розв'язок рівнянь (1) та (2), у випадку змушених коливань $p = i\omega$ полягає в визначенні реакції R, яка при силовому збудженні має бути якомога меншою. При кінематичному збудженні коливань, задача віброзахисту полягає в зменшенні амплітуди абсолютного коливання $x_{1к}$.

Ефективність застосування віброзахисних пристроїв, при віброізоляції об'єкту, виступає такий показник як коефіцієнт віброізоляції μ, який по модулю має бути меншим за одиницю [2,3].

$$|\mu| = \frac{\sqrt{1 + 4\nu^2 z^2}}{\sqrt{\left(1 - z^2\right)^2 + 4\nu^2 z^2}} < 1 \tag{3}$$

де $z = \omega / \omega_0$ та $\nu = b / \omega_0$ – безрозмірні величини.

Сучасні засоби віброізоляції мають недоліки, пов'язані з масою та габаритами суднових установок, та, як наслідок, обмежену область застосування.

Для забезпечення комплексного віброакустичного захисту необхідно знати частотні характеристики засобів віброзахисту – амортизаторів, різноманітних опор, муфт, тощо. Ці характеристики, зазвичай, визначаються розрахунково-експериментальним способом та надаються у технічній документації до віброізолюючого устрою. Отже, одним з ефективних засобів боротьби з вібрацією та шумом, є зменшення віброактивних факторів, які пов'язані з робочими процесами в суднових установок.

Сучасні дослідження на засоби зменшення вібрацій та шуму, напрямлені на застосування керуванням зовнішніми динамічними навантаженнями, які дозволяють визначати оптимальні співвідношення амплітуд, фаз та моментів компенсованих сил. Також важливим напрямом залишається вибір віброгасного матеріалу, з метою запровадження його на суднах [1, 4, 5].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гусев В. Н. Управление снижением уровней вибрации и шума, организация звукопоглощения и звукоизоляции на морских судах / В. Н. Гусев // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – 2014. – № 2. – С. 39-46.
2. Артеменко О.С. Сучасні віброзахисні пристрої СЕУ, засновані на електромеханічних аналогіях// Матеріали науково-технічної конференції на тему «Енергетика судна: експлуатація та ремонт». – Ч.1 – Одеса, 2014.– с. 79-80.
3. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. – К.: Техніка, 2002. – 512 с.
4. Федосеева М. А. Защита от шума на судах речного флота / М. А. Федосеева, М. К. Романченко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2011. – № 3. – С. 130-133.
5. Інформаційні ресурси: https://www.iso.org/ru/standard/7612.html

УДК 620.22

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

Сучасні методи отримання наноматеріалів та їх властивості

Нанотехнології - область фундаментальної та прикладної науки, а також пов'язаних з ними промислово-технічних напрямів, що займаються дослідженням фізичних, хімічних та системних властивостей структурних елементів, лінійні розміри яких мають порядок нанометрів.

Наноматеріали - матеріали, що створені на основі нанотехнологій, і завдяки цьому володіють унікальними, порівняно з іншими матеріалами, властивостями.

На сьогодні існує кілька методів виготовлення наноматеріалів шляхом одержання порошків з їх наступним перетворенням у об'ємний виріб. Геометричні розміри таких виробів поки малі, існують проблеми усунення пористості, наявності домішок, практичного застосування технологій і т.д. При виготовленні наноматеріалів використовують традиційні методи фізики, хімії, біології та інших наук[3,5,7].

Поділ методів на хімічні і фізичні носить умовний характер. При використанні фізичних методів легше здійснюється керування розмірами, складом і формою часток. Більшість методів були розроблені та успішно використовувалися для отримання полікристалічних задовго до використання нанотехнологій.

Нанотехнології є однією із провідних сфер новітніх технологій. Про інтерес до нанонауки свідчить постійне зростання публікацій у міжнародних наукових виданнях. Але, що набагато важливіше, зростає кількість патентних заявок на винаходи в цій сфері. Використання нанотехнологій сьогодні вже приносить суттєвий економічний ефект. Нанотехнології знайшли застосу-

вання майже в усіх галузях виробництва і промисловості, починаючи від військових потреб, електроніки , машинобудування, будівництва, сонячної, космічної, медичної галузей та закінчуючи побутом.

Методи одержання порошків, які можна розділити на хімічні та фізичні, представлені у наступній таблиці.

Метод	Варіант методу
Фізичні методи	
Випаровування і конденсація	У вакуумі або в інертному газі У реакційному газі
Високоенергетичні руйнування	Здрібнювання Детонаційна обробка Електричний вибух
Синтез	Плазмохімічний Лазерний Термічний Високотемпературний
Хімічні методи	
Синтез	Механохімічний Електрохімічний Розчинний Криохімічний
Термічне розкладання	Конденсовані прекурсори Газоподібні прекурсори

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Азаренков Н. А. Наноматериалы, нанопокрытия, нанотехнологии / Н. А. Азаренков, В. М. Береснев, А. Д. Погребняк и др. – Харьков : ХНУ им. В.Н. Каразина, 2009. – 209 с.
2. Анищик В. М. Наноматериалы и нанотехнологии / В. М. Анищик / под ред. В. Е. Борисенко, Н. К., Толочко. – Минск : БГУ, 2008. – 375 с.
3. Заячук Д. М. Нанотехнології і наноструктури / Д. М. Заячук. – Львів : Львівська політехніка, 2009. – 580 с.
4. Киреев В. Нанотехнологии: история возникновения и развития / В. Киреев // Наноиндустрия. – 2008. – № 2. – С. 2–10.
5. Латиш О.М. Отримання нанопорошків механічними методами/ Матеріали науково-технічної конференції " Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт ", 24.03.2015 – 25.03.2015. Частина 1. – Одеса: ОНМА, 2015. – с. 177-179.
6. Нанотехнологии. Азбука для всех / под ред. Ю. Д. Третьякова. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 368 с.
7. The delivery of nanoparticles /A. A. Hashim. – InTech : Croatia, 2012. –552 p.

УДК 629.5.035

Богач В.М., Шебанов А.М.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Підвищення ефективності експлуатації СТЗ шляхом вдосконалення процесу мащення ЦПГ

Розширення використання на суднах довгоходових двигунів, їхнє форсування, застосування важких сортів палива з підвищеним змістом сірки і збереження при цьому надійності і довговічності роботи підвищує актуальність питань організації мащення деталей циліндропоршневої групи (ЦПГ) і вимагає оптимального їхнього вирішення.

Тенденції розвитку морського флоту показують, що дизелебудівні фірми йдуть по шляху підвищення економічності двигунів, за рахунок поліпшення організації робочого процесу, підвищення тиску впорскування палива і максимального тиску згоряння, удосконалення газообміну, переходу на наддув при постійному тиску газів перед турбіною, підвищення к. к. д. турбокомпресорів і т.п.

Одночасно спостерігається зміщення типоразмірних рядів МОД усіх фірм вбік моделей з малими розмірами циліндрів, що раніш було характерно для середньообертових двигунів (СОД). Так, компанія MAN-B&W розробила двигуни серії L-MC з діаметром циліндра 280 мм і відношенням S/D = 3, а фірма "Вярсіля" – варіанти двигуна моделі RTA з діаметром циліндрів 480 і 380 мм.

Малорозмірні крейцкопфні дизелі мають хороші перспективи в порівнянні із СОД завдяки підвищеній здатності працювати на низькосортних важких паливах і менших витратах на обслуговування. Одночасно з розширенням виробництва МОД малих розмірностей дизелебудівні фірми припинили виробництво двигунів з діаметрами циліндрів більше 900 мм.

Відмова від використання двигунів великих розмірностей не випадкова і викликана тим, що необхідні потужності вдається забезпечити форсуванням наддуву двигунів невеликої розмірності.

Зміни в конструкції торкнулися і систем мащення. В результаті зявилися нові системи з електронним керуванням мастилоподачею.

Дослідженнями встановлено, що нові системи поліпшують стан ЦПГ і мають можливість підвищення техніко-економічних показників двигунів. Однак, як показала експлуатація, застосування нових систем не вичерпало всі можливості поліпшення розподілу й ефективності використання мастил. Як і раніше мають місце інтенсивні зноси деталей ЦПГ, натирання на втулках поломки поршневих кілець і закоксовування вікон.

Завищені витрати мастила приводять до збільшення продуктів забруднення, утворенню відкладень на деталях ЦПГ у продувних вікнах (рис.1,а), у продувному ресивері й у газо-випускному тракті. Спостерігається підвищене скидання мастила в підпоршневий простір. У той же час, недостатня подача

мастила служить причиною порушення цілісності масляної плівки на робочій поверхні втулки (рис.1,б), і виникнення напівсухого чи сухого тертя.

Це супроводжується інтенсивними зносами, а іноді і задиранням тертьових поверхонь, що приводить до змушених зупинок, знижує надійність і моторесурс дизелів. Циліндрове масло повинно бути подано в циліндр у визначеному положенні поршня й у визначений час, для одержання оптимального ефекту, що не завжди забезпечується сьогодні звичайними лубрикаторами. Фірма MAN&B&W розробила електронну систему мащення циліндрів - систему "Альфа".

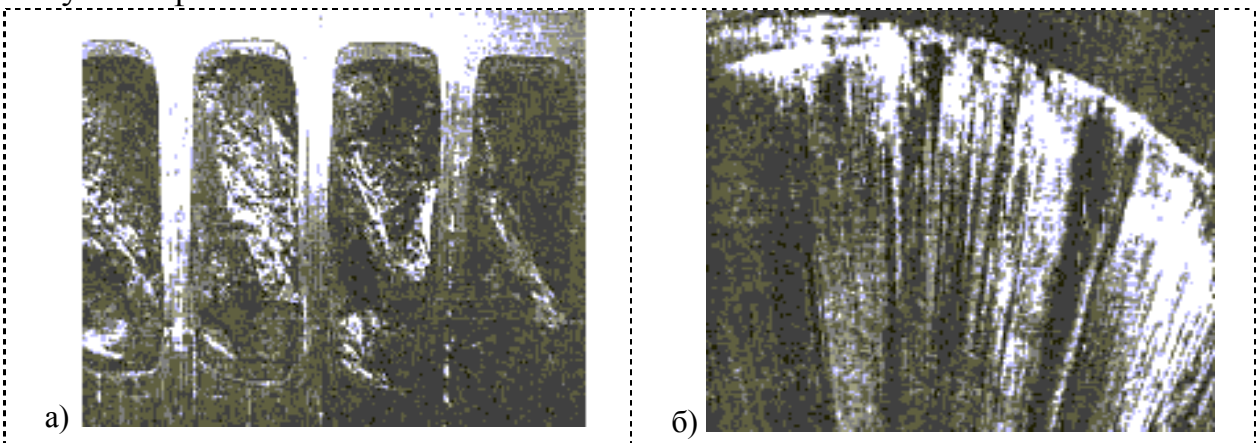


Рис.1 Результати неправильного дозування мастила:
а – завишена подача; б – занижена маслоподача

Нова система мащення заснована на принципі впорскування визначеного обсягу мастила в циліндр, для кожних 4-х (5-ти, 6-ти, і т.д.) обертів. Крім того, точний вибір часу впорскування, гарантує (на думку фірми), що все мастило надходить безпосередньо на поршневі кільця, де воно необхідно. Як доказ приведеного вище твердження фірма приводить дані виміри тиску в штуцері (рис.2). Як бачимо, знову орієнтування (абсолютно невірне) на тиск мастила і відкриття клапана, а не на момент виходу мастила на дзеркало циліндра.

Аналіз конструкції системи "Альфа" показує, що фактично новим є: керований комп'ютером гідравлічний привід плунжерів (замість механічного), що призвело до зміни зовнішнього вигляду лубрикатора (рис.3), і забезпечення зв'язку з навантаженням двигуна. Застосування комп'ютера в електричній схемі системи створює передумови для регулювання порцій мастила, в залежності від процентного вмісту сірки в паливі, і базового номера мастила.

В той же час, в нових двигунах MAN-B&W, мастильні канали виконуються у верхній частині втулки. Отже, відбулось переміщення цих каналів з нижньої частини втулки (район продувних вікон), де мав місце тиск рівний 0,2-1,5 МПа в район з тиском 1- 3 МПа.

Крім того, якщо в 4-й і наступних модифікаціях двигунів B&W вихідна ділянка мастильних каналів розташовувалась вище повздовжньої осі штуцера, то тут знову зустрічаються центральні канали (як у старих модифікацій).

Усе це, лише погіршило умови роботи системи мащення, і знизило ефективність її роботи. У дійсності, на нових двигунах мають місце сильне завищені дозування мастила і суперечливі рекомендації з норм його витрати. Як новий напрямок фірма MAN-B&W бачить створення алгоритму подачі мастила, заснованого на аналізі відпрацьованого мастила, його дозуванні, навантаженню на двигун, і нормі зносу циліндрів.

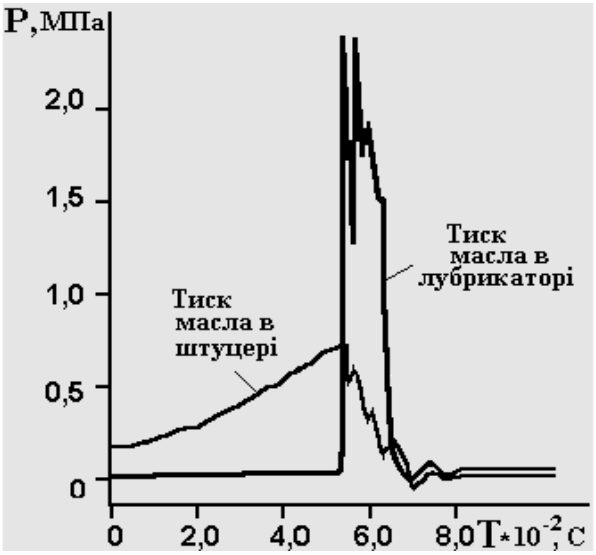


Рис.2 Характеристики маслоподачі

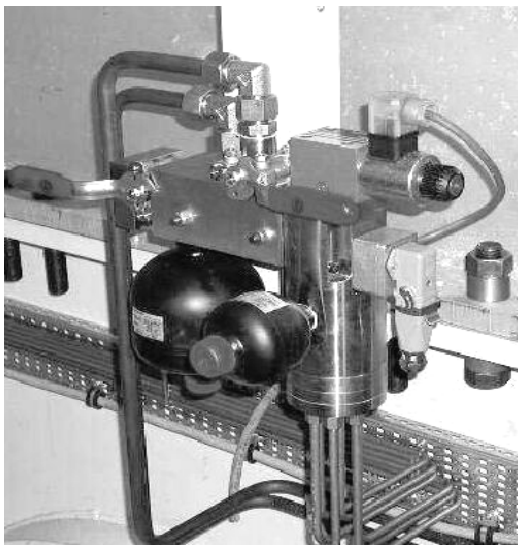


Рис.3 "Альфа" лубрикатор

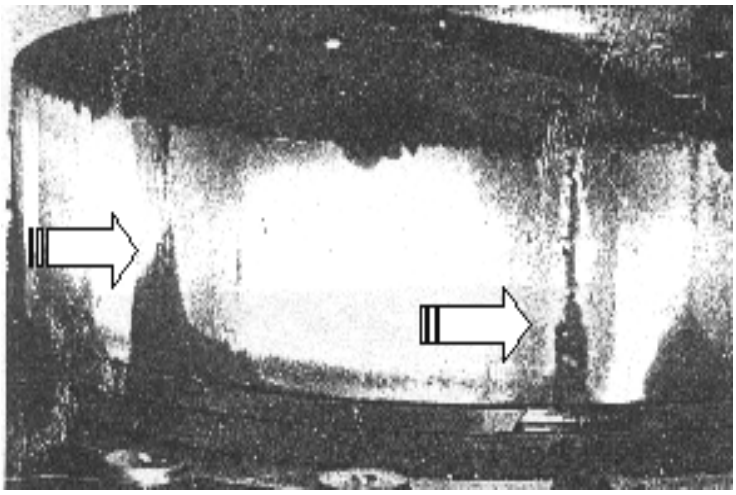


Рис.4 Сліди зустрічі мастила з поршнем

Встановлено [1,2], що жодна система не забезпечує керований плунжером лубрикатора процес подачі мастила за безповоротний клапан. Більш того, у всіх систем клапан відкривається тільки при положенні поршня поблизу мертвих точок, тобто, коли в мастильних отворах зсередини циліндра встановлюється досить низький і відносно постійний тиск газу.

Звідси випливає, що ні конструкції лубрикаторів (при всіх їхніх особливостях), ні розходження величин поданих порцій мастила, ні довжина мастилопроводу, не впливають скільки-небудь помітно на керування подачею ма-

стила в циліндр. Дослідами [3,4] доведено, що у всіх дизелів, незалежно від особливостей системи мащення, на голівках поршнів вище першого кільця навпроти мастильних каналів мають місце однакові сліди зустрічі мастила з поршнем, рис.4. Ці сліди, разом з результатами осцилографування, ставлять під сумнів відповідність часу надходження мастила - періоду відкриття безповоротного клапана.

Тому, підхід до модернізації існуючих конструкцій, проектуванню і розробці нових систем мащення, у тому числі і для довгоходових машин повинний ґрунтуватися, насамперед, на результатах всебічних теоретичних і експериментальних досліджень, а також на вивченні взаємозв'язку геометричних характеристик системи з механізмом і параметрами процесу витікання мастила, що визначають ефективність його використання, та величину зносів деталей ЦПГ дизелів.

Неприступність до вивчення процесів витікання мастила в циліндр на двигуні, а також значне різноманіття їхніх конструкцій і умов роботи вимагає спеціальних безмоторних засобів, що дозволяють задавати умови іспиту систем близькі до реальних. При цьому потрібно забезпечення не тільки виміру всіх необхідних параметрів, що характеризують роботу системи, але і візуального спостереження за процесами, що відбуваються в каналах і рухом мастила за їхніми межами, без чого неможливо представити весь взаємозв'язок конструкції системи з ефективністю її роботи в умовах конкретного двигуна.

Виходячи з викладеного, для експериментальних досліджень обраний універсальний стенд, що має широкі функціональні можливості, які дозволяють випробувати практично будь-які системи мащення в умовах аналогічних їх роботі на двигуні.

Для одержання достовірних результатів проведених експериментів у прозорій камері, що імітує циліндр по протитиску газів, задавався такий же закон зміни тиску, що формується в каналах системи мащення зсередини циліндра двигуна. Визначення випадкових погрішностей вимірів виконувалося з використанням таріровок датчиків, що значно спростило обробку результатів вимірів і підвищило їхню точність. Щоб звести до мінімуму погрішність виміру, таріровка виконувалася по 3 рази до і після проведення досліджень, при цьому середньоквадратична помилка не перевищувала 8 %.

Розроблена методика досліджень дозволила проводити іспити існуючих конструкцій систем мащення довгоходових дизелів у широкому діапазоні їхньої роботи в лабораторних і експлуатаційних умовах.

Для прогнозування можливості струйного витікання мастила із каналів в циліндр визначені критичні значення швидкості газу над вільною поверхнею мастила в каналі (рис.5), а також фактична швидкість і швидкості викиду (рис.6), за допомогою програм (Visual basic).

Як показали розрахунки, фактична швидкість потоку газів над вільною поверхнею ($V_ф$) значно більше критичної швидкості ($V_{кр}$), це підтверджує існування умов, при яких виникає захлинання в мастильних каналах досліджу-

ваної системи, що в умовах двигуна MAN - B&W створює передумови для викиду мастила в циліндр зі значними швидкостями його руху за межами каналу. Що в свою чергу значно зменшує ефективність роботи системи мащення.

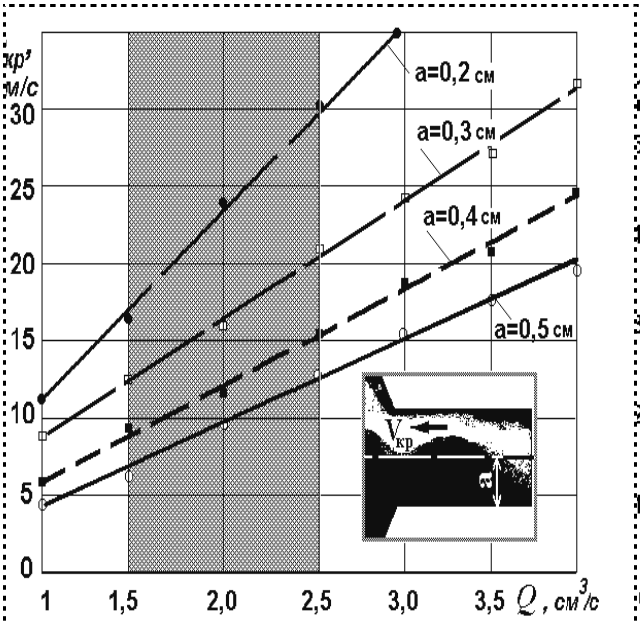


Рис.5 Характер зміни критичної швидкості (**а** - середня висота слою мастила)

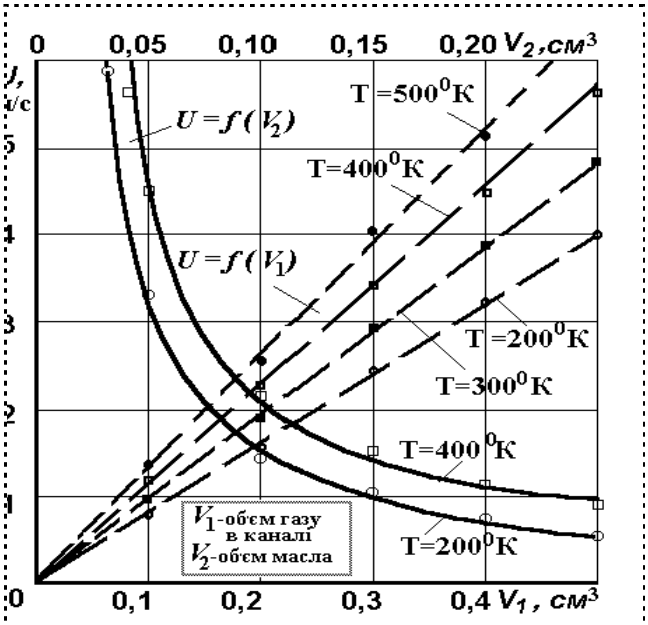


Рис.6 Характер зміни розрахункової швидкості викиду мастила

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Богач В.М., Задорожный А.А. Оптимальные условия поступления масла в цилиндры судовых двигателей // Судовые енергетические установки: науч.-техн.сб. – 2003.- Вып.8.- Одесса: ОНМА.- С.67-73.

2. Богач В.М., Задорожный А.А., Богач А.А. Исследование маслоподачи в цилиндры двигателей B&W // Судовые енергетические установки: науч.-техн.сб. – 2004.- № 10.- Одесса: ОНМА.- С.14-23.

3. Богач В.М. Повышение эксплуатационной эффективности судовых технических устройств / В.М. Богач, А.Н. Шебанов, А.В. Сотников // Судовые енергетические установки: науч.-техн.сб.-2007.- № 20. - Одесса: ОНМА. - С.30-38.

4. Богач В.М. Исследование работы лубрикаторной системы в эксплуатационных условиях / В.М. Богач, В.А. Бузовский, А.Н. Шебанов //Судовые енергетические установки: науч.-техн.сб. - 2009. - № 24. - Одесса: ОНМА. - С. 52-59.

УДК 629.5.035

Слободянюк І. М., Новікова Л. І.
Національний університет «Одеська морська академія»

Залежність розклинюючого тиску від товщини тонкої масляної плівки на поверхні чавунного поршневого кільця

Організація експлуатації сучасних суднових малооборотних двигунів (МОД) вимагає вдосконалення управління процесами змащення циліндропоршневої групи (ЦПГ) і захисту від аварійних ситуацій [1-3]. Поломка компресійних кілець двигунів форсованого ряду, є найбільш частою причиною їх функціонального відмови, однак, причини цього явища до теперішнього часу недостатньо вивчені [1,4].

Новим напрямком підвищення надійності суднових двигунів внутрішнього згоряння транспортних суден є створення і організація експлуатації систем змащування, побудованих на використанні рідкокристалічного стану мастильних матеріалів що виникає в тонких плівках. Однак використання цього явища для підвищення надійності двигунів і попередження аварійних ситуацій раніше не досліджувався через відсутність даних про анізотропних властивості тонких плівок мастила, що виникають при погіршенні умов змазування ЦПГ.

При малих швидкостях руху поршня, в момент проходження продувних вікон втулок, умови мастила погіршуються через продувки і, режим мастила вже не є гідродинамічним. Товщина плівки зменшується, в тонкому змащувальному шарі виникають анізотропні властивості, що змінюють природу взаємодії «кільце-втулка», зокрема за рахунок расклинюючого тиску, що перешкоджає виникненню адгезійного контакту [6,7].

Вперше експериментальні дані за властивостями цих плівок отримані в роботах авторів [7,8]. Встановлення залежності розклинюючого тиску в плівках циліндрового масла від їх товщини на металевих поверхнях, які використовуються в дизелебудуванні, дозволило розробити метод і спосіб ідентифікації працездатного стану поршневого кільця при малих швидкостях. Це дає можливість коригувати мастило циліндрів, за даними ідентифікації, з метою підвищення надійності вузла ЦПГ і попередження аварійної ситуації.

Мета роботи - експериментальне дослідження ізотерм расклинивающего тиску в залежності від товщини плівки в оліях нафтового походження на поршневих кільцях СДВС.

При експериментальних дослідженнях використана методика і установка для отримання ізотерм расклинивающего тиску в мастильних плівках на конструкційних матеріалах, розроблена в [8].

В результаті проведення експериментів встановлено, що розклинюючий тиск в плівках циліндрового масла на чавунних поверхнях відповідають області $P(h) > 0$, тобто в тонкому шарі мастила з анізотропними властивостями виникає сила, спрямована в протилежний бік тиску кільця на перемичку.

На рис.1 приведена, отримана авторами, залежність расклинивающего тиску від товщини масляної плівки на поверхні чавунного поршневого кільця.

Встановлено:

• зміна расклинивающего тиску P (h) циліндрового масла на чавунах носять експонентний характер;

• максимальне розклинюючий тиск, що виникає в тонкій плівці циліндричної мастила для чавунного кільця дорівнює Πs = 140 кПа;

• мінімальна товщина плівок, при якій розклинюючий тиск досягає максимуму лежить в інтервалі 140 ÷ 145 нм;

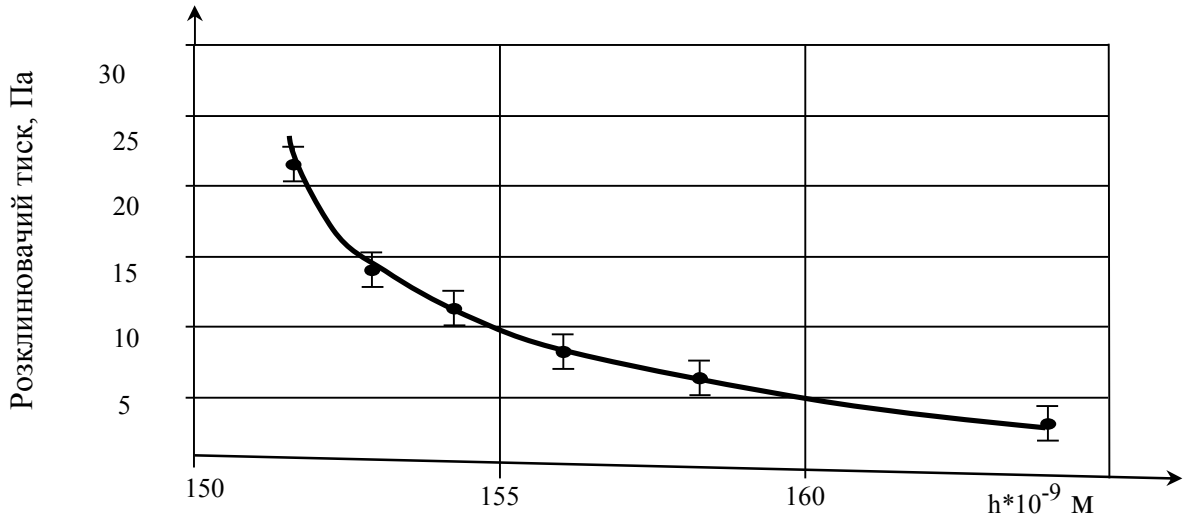


Рис. 1 Зміна расклинивающего тиску в тонкій плівці мастила ENERGOL ClO 50M на чавуном поршневому кільці в залежності від товщини плівки.

Встановлено, що працездатний стан поршневого кільця зберігається в процесі саморегулювання расклинивающего тиску в тонкій плівці, що змінюється по експоненціальному закону в залежності від її товщини і виключає контакт між сполученими поверхнями при її значенні понад 140 нм.

Отримані експериментальні результати по величині расклинивающего тиску в тонких плівках циліндрового масла нафтового походження, з анізотропними властивостями і визначення товщини цих плівок, дозволяють вирішити задачу моніторингу та управління процесом змащення сполучених поверхонь ЦПГ при малих швидкостях руху поршня.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Возницкий И.В. Практические рекомендации по смазке судовых дизелей. –Санкт-Петербург, 2005. –135с.

2. Сторожев В.П. Причины и закономерности постепенных отказов основных триботехнических объектов энергетической системы судна и повышения их ресурса. – Одесса, 2001. - 341 с.

3. Hellingman, G.J. and Barrow, S.: “Shipboard investigations with Selected Fuels of Tomorrow”, CIMAC 1981, Helsinki

4. Neate R.J. and Barrow S.: “SIPWA-A Shipowner’s Point of View”, New Sulzer Diesel Ltd, December 1990.
5. Новиков А.С. Контроль и диагностика технического состояния газотурбинных двигателей. / А.С. Новиков, А.Г. Пайкин, Н.Н. Сиротин –М.: Наука, 2007. – 469с.
6. С.А. Ханмамедов, Д. И. Слободянюк Совершенствование методов идентификации технического состояния поршневых колец судовых МОД. // Судовые энергетические установки: сб. науч. тр. – 2011. – № 27. – Одесса: ОНМА. – С. 112-122.
7. Слободянюк Д. И., Ханмамедов С. А. Экспериментальные изотермы расклинивающего давления в пленках цилиндрового масла и их применение для повышения надежности судового дизеля. //Науково–виробничий журнал Проблеми техніки №2.2011.–С. 136–148.
8. Ханмамедов С.А., Слободянюк Д.И., Горюк А.А., Шакун К.С. Изотермы расклинивающего давления в структурированной пленке цилиндрового масла судового дизеля. //Науково–виробничий журнал Проблеми техніки –№1.– Одеса: 2011. –С: 90-102

УДК 629.5.035

Слободянюк І.М., Козак А. А., Заболотний А.В., Гнатюк Б. І.
Національний університет «Одеська морська академія»

Процеси зношення та поломки поршневих кілець суднових дизелів та шляхи їх запобіганню

Якість перетворення енергії згоряння палива в механічну роботу в двигунах внутрішнього згоряння залежить від технічного стану деталей циліндропоршневої групи, включаючи поршневі кільця. Досвід експлуатації суднових малооборотних дизелів показав, що зі збільшенням їх форсування почастішали випадки раптових відмов і виникнення аварійних ситуацій через зношування і поломку поршневих кілець.

Як відомо, поршневі кільця служать для ущільнення поршня у втулці і попередження прориву газів з камери згоряння в картер двигуна. Поршневі кільця також відводять частину тепла поршня до стінки циліндричної втулки. Крім цього, поршневі кільця (маслознімні) регулюють розподіл масла по стінках циліндра

Причини поломки поршневих кілець досліджувалися за такими критеріями: вплив зношування поршневих кілець на їх роботу.

- дослідження зносів і поломок поршневих кілець при розбиранні вузла ЦПГ на судні.
- вплив вібрації на поломку кілець, явище «Колапс», умови змащування.

Розглянемо окремо кожен з аспектів.

1. Вплив зношування поршневих кілець на їх роботу.

Виконання функцій кільцями залежить від їх зносу. На рис. 2, показано зміна радіального зносу поршневих кілець в залежності від часу напрацювання дизеля [1].

За характером кривих 1-3 видно, що зношування циліндричних поверхонь кілець не розвивається за лінійним законом зі зростанням часу експлуатації дизеля, а має місце зменшення інтенсивності. Причому для нижніх (3-5) кілець стабілізація інтенсивності їх зношування відбувається швидше, ніж для першого і другого кільця. Крім того, по взаємному розташуванню кривих 1-3 чітко видно, що найбільший знос має перше кільце торця головки поршня. Аналогічні результати були отримані і в інших типів двигунів.

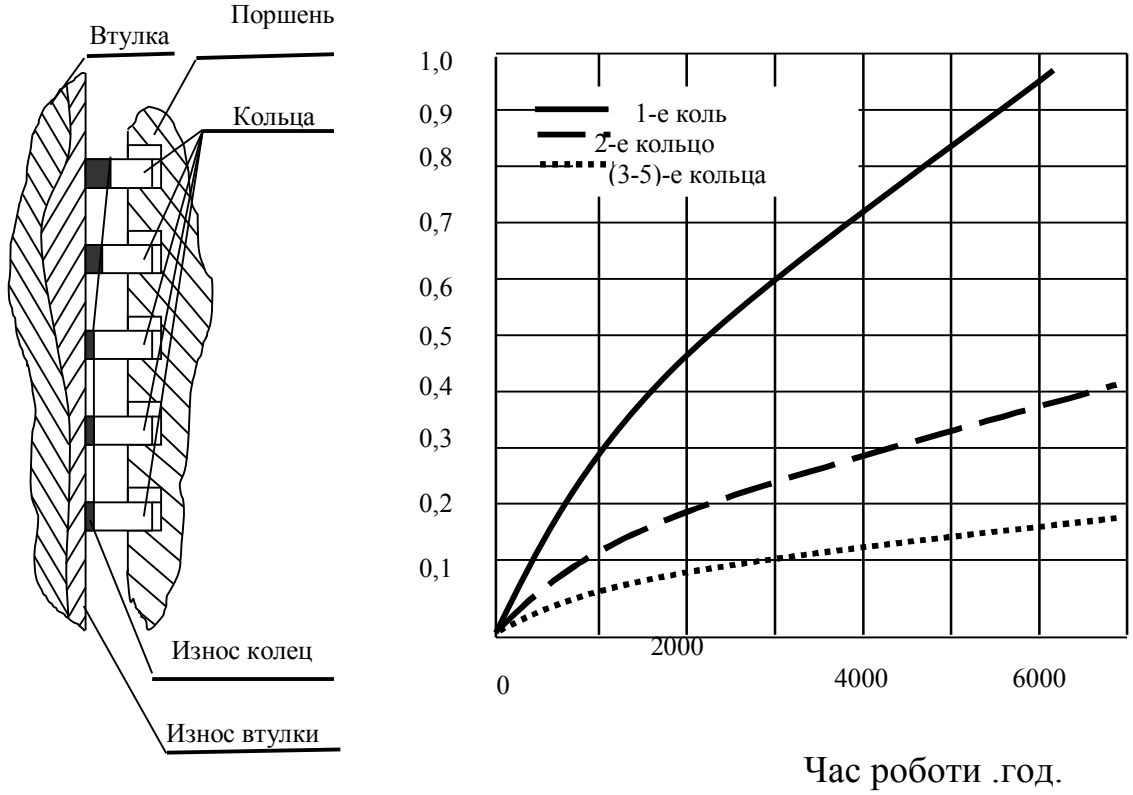


Рис. 1 Радіальний знос поршневих кілець в залежності від напрацювання для двигуна.

Значний знос поршневих кілець може призводити до втрати пружності і їх поломки в результаті експлуатації.

2. Вплив вібрації на поломку поршневих кілець.

Явище вібрації притаманне поршневим кільцям, що знаходяться в особливих умовах експлуатації, визначається наступними факторами: частотою обертання колінчастого вала двигуна, рівнем форсування двигуна по Ре, зазором в деталях циліндропоршневої групи, геометричними характеристиками поршневих кілець і зазорів кілець в поршневий канавці.

В роботах Андрусенко О.І. показано, що в процесі експлуатації вібрації піддається не весь пакет комплекту кільцевого ущільнення, але тільки верхнє компресійне кільце, а вібрація поршневих кілець носить резонансний характер.

Аналіз результатів розрахунку вібрації поршневого кільця дозволив розробити конструкцію верхнього поршневого антивібраційного кільця, що

дозволяє усунути його вібрацію в осьовому напрямку. Конструкція поршневого кільця має канавки по верхньому торці, в результаті чого відбувається демпферівання осьових коливань кільця за рахунок збільшення сили тиску на циліндричну втулку. Таким чином, верхнє компресійне кільце, на деяких режимах роботи, може піддаватися вібрації, що призводить до їх поломок.

3. Дослідження зносів і поломок поршневих кілець при проходженні продувочниїх вікон.

Дослідженнями, проведеними на дизелях SULZER 7RTA 62U і MAN B & W 7S60MC-C з різними системами подачі мастила встановлено, що однією з причин поломки кілець є порушення процесу змазування перемичок втулок циліндрів.

При малих швидкостях руху поршня, в момент проходження продувних вікон втулок, умови мастила погіршуються через продувку і режим мастила вже не є гідродинамічним [2]. Товщина плівки зменшується в результаті чого процес зношування стає адгезійним, що може викликати схоплювання поверхонь і поломку кілець.

При розбиранні вузла ЦПГ було встановлено, що незалежно від типу системи змащення головною причиною поломки, як правило, 2 ... 4-го кілець, є порушення процесу змазування сполучення «втулка-кільце» при проходженні поршневих кілець зони продувних вікон рис.2.

За рахунок продувки повітрям масляна плівка здувається. Порушення змазування по периметру кільця, при малих швидкостях руху поршня, призводить до виникнення умови граничного тертя. Сила тертя по периметру кільця відрізняється в кілька разів, що призводить до його руйнування.

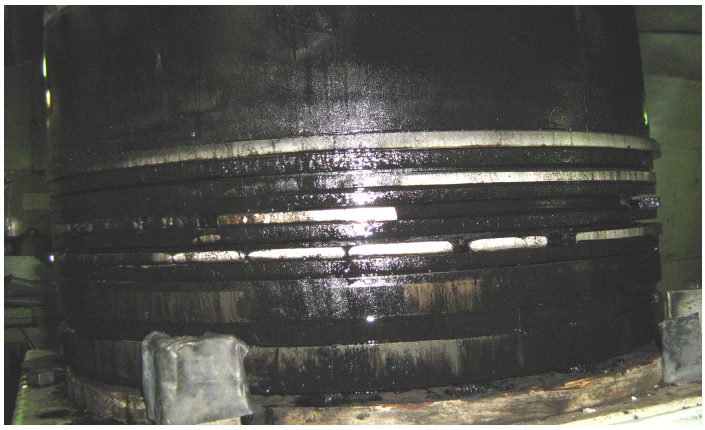


Рис. 2. Поршень двигуна SULZER 7 RTA 62 U з поламаними 3 і 4 кільцями.

Підтвердженням механізму поломки кілець при проходженні продувних вікон є той факт, що довжина зруйнованих фрагментів кілець дорівнює відстані між продувними вікнами або кратна йому. Це чітко видно на рис. 3, на якому 3-е і 4-е кільця поламані. Поламане 4-е кільце складається з таких сегментів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сторожев В.П. Причины и закономерности постепенных отказов основных триботехнических объектов энергетической системы судна и повышения их ресурса. – Одесса, 2001. - 341 с.

2. Ханмамедов С.А., Слободянюк Д. И. Совершенствование методов идентификации технического состояния поршневых колец судовых МОД //Судовые энергетические установки: научн. техн. сб. –2011.– №27 – Одесса: ОНМА. С. 108-114.

УДК 629.5.035-233.1-233.21:621.893

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

Оцінка інтенсивності зношування підшипників ковзання деталей суднових технічних засобів (СТЗ)

СТЗ, зокрема колінчаті вали містять трибосполучення - опори ковзання, що є головним джерелом їх відмови й виходу з ладу. Контактна взаємодія деталей у цих сполученнях має місце при різних видах тертя ковзання. Зношування як результат контактної взаємодії тертьових тіл приводить до незворотної зміни їх розмірів, що істотно позначається на довговічності й надійності роботи колінчатих валів.

У зв'язку із цим оцінка інтенсивності зношування пари тертя «шейку вала - вкладиш підшипника» (Рис.1) є досить актуальним завданням, оскільки зносостійкість саме цих вузлів тертя визначає ресурс роботи всієї системи.

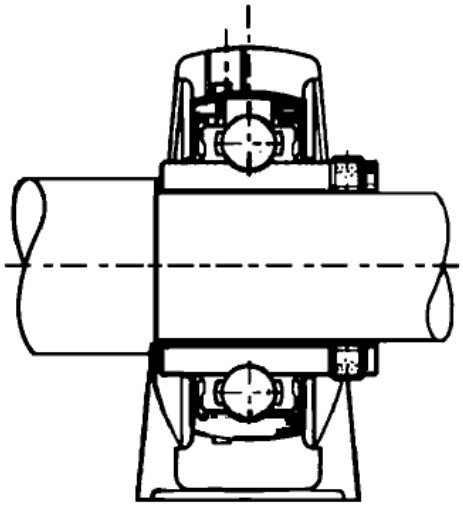


Рис.1. Поздовжній розріз опори ковзання

Відповідно до [1], під зносостійкістю підшипників ковзання розуміється властивість антифрикційного підшипникового матеріалу в трибологичної системі чинити опір зношуванню, оцінюване показником зносостійкості - величиною, зворотної швидкості зношування або інтенсивності зношування.

При плануванні експериментальних досліджень на вибір змащення, матеріалів і оцінці зносостійкості пари тертя «шейку вала - вкладиш підшипника» доцільно становити карти зовнішніх первинних і вторинних умов тертя цієї фрикційної пари, які дозволяють дати комплексну уяву про деякі важливі параметри роботи підшипників.

Оцінка можливого розвитку подій у фрикційному контакті починається із установлення відповідності умов тертя попередньо закладеним функціональним і технічним вимогам у заданих параметрах [2]. Цей етап позначається як зовнішні первинні умови тертя. Тут спостерігається початковий, первинний акт взаємодії й утвору фрикційних зв'язків або, що те ж саме, - реакцій зв'язку. Це ще статика.

Далі йде, властиво, процес тертя. Другий етап вимагає обліку заданих параметрів руху. Його можна сприймати як зовнішні вторинні умови тертя. На наступному етапі - третьому - з'являються нові фізико-хімічні ефекти, що є вже наслідком тертя первинних умов, що й створюють свої внутрішні, тертя. На четвертому етапі виникають зміни на поверхнях і в підповерхневих шарах як наслідок внутрішніх вторинних процесів, що формують нові умови роботи пари тертя. І нарешті, наступає п'ятий етап - етап порушення фрикційних зв'язків - провісник ушкоджень або руйнування поверхонь тертя із втратою мас матеріалу. Останній акт процесу тертя є результатом синергетичного нагромадження дефектів і ряду серйозних змін і перетворень у матеріалах. Це зношування матеріалів і завершальний етап на відповідній стадії роботи вузла тертя.

Важливо простежити взаємозв'язки між етапами й урахувати їхній сукупний вплив на види порушень фрикційних зв'язків і вид зношування.

До зовнішніх первинних умов тертя слід віднести такі параметри, як величина й місце додатка активних сил (моментів сил), характер їх дії (монотонний, ударний, періодичний), сукупність вихідних фізико-механічних і хімічних властивостей матеріалів тіл і мастильних шарів, покриттів, властивості навколишнього середовища (включаючи зовнішній тиск і температуру), форма (макрогеометрія), стан поверхонь взаємодії (якість, мікрогеометрія, наявність забруднень), особливості конструкції деталей або вузла тертя (тип сполучення, його твердість).

Найважливішу роль відіграють умови контактування поверхонь. На тертя впливають час нерухливого контакту, питомий тиск на контакті, деформації, розміри площ контакту. У результаті взаємодії поверхонь тертя й наявності поверхневої енергії виникають механічні фрикційні зв'язки (пружні деформації й впровадження мікронерівностей) і утворюються стійкі атомно-молекулярні зв'язки (адгезія). При цьому в контактуємих тілах виникає об'ємний складнонапружений стан і йде формування приєднаних мас прикордонного шару [3-5].

Зовнішні вторинні умови, які впливають на тертя, характеризуються сукупністю факторів. По-перше, це кінематика рухів (види тертя по кінематиці рухів), властиво кінематичні параметри рухів. До них слід віднести за-

кон (рівняння) руху тіла (механізму), наявність (відсутність) реверсивності руху тіла; необхідно також взяти до уваги траєкторію руху, шлях тертя, швидкість і прискорення руху тіла. По-друге, це характеристики, умови й параметри динамічних впливів. На механічну поведінку системи впливають динамічні фактори: закони зміни рушійних сил у функції часу, наявність і характер коливань, вібрацій, удар, кількість циклів навантаження, кінетична енергія тіла або системи тіл, робота (потужність) тертя, опір руху (сила тертя). Ураховується й фактор часу протікання процесу (час безперервної роботи, тривалість процесу в режимі приробляння вузла тертя й в експлуатаційному режимі).

До внутрішніх первинних умов тертя ставляться ті нові явища й фактори, які виникають на фрикційному контакті й у самих тілах під впливом самого процесу зору й впливу навколишнього середовища. Головне й істотне при цьому полягає в нагріванні тіл, росту температури тертя й виникненні температурного градієнта як у самих тілах, так і в тонкому поверхневому шарі фізико-механічних властивостей, що приводять до зміни, матеріалів.

Для оцінки інтенсивності зношування пари тертя «шейку вала - вкладиш підшипника» використовуються й інші наукові підходи. Може застосовуватися спільний розв'язок базових рівнянь енергетичної теорії тертя й зношування Г. Фляйшера [6] і молекулярно-механичної теорії зношування І. В. Крагельского [7].

Відповідно до [8], найкращою детерміністською основою інтенсивності зношування є мультиплікативна залежність від безрозмірних узагальнених критеріїв системи. Стосовно до підшипників ковзання, мастильні рідини яких можуть містити й певну кількість механічних домішок, така залежність має вигляд

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

де $\boldsymbol{p}/\mathrm{HB}_{1,2}$ - безрозмірний комплекс, що характеризує напружений стан у контакті (***p*** - питоме навантаження, МПа; $\mathrm{HB}_{1,2}$ - твердість робочих поверхонь вала й підшипника, МПа); λ/h - комплекс, що визначає механізм контактування (при відсутності механічних домішок у мастильній рідині

$$\lambda = \sqrt{R_{a_1}^2 + R_{a_2}^2}$$

Тут $R_{a1,2}$ - середнє квадратичне відхилення шорсткості поверхонь, мкм; d_0 -наведений діаметр часток; h –товщина мастильної плівки; $E_{1,2}/\sigma_0$ –комплекс, що враховує пластичність і втомну міцність матеріалів ($E_{1,2}$- модуль пружності 1 роду, σ_0 - межа утоми матеріалів, МПа); 1+αК - критерій концентрації механічних домішок (α- коефіцієнт, що враховує ступінь впливу концентрації часток на зношування; K - концентрація, кг абразиву/кг рідини); HB_a - твердість механічних домішок, МПа; $1 + \gamma \frac{Sd_0}{V}$ - критерій форми часток (γ - коефіцієнт, що враховує ступінь впливу геометрії частки на зношування сполу-

чення; S, d_0, V - відповідно поверхня, наведений діаметр і обсяг часток); a_1, a_2, a_3, b_1,b_2,b_3 - показники ступеня, обумовлені на базі наявної інформації про зношування матеріалів або при випробуваннях аналогічних зразків.

Одним зі способів підвищення працездатності пари тертя «шейку вала - вкладиш підшипника» і керування процесами тертя й зношування є застосування спеціальних присадок-добавок у мастила, що генерують на поверхнях тертя різноманітні мастильні плівки, які охороняють від схоплювання й заїдання. Для одержання масел з високими експлуатаційними показниками потрібні в першу чергу добір високоякісної сировини й удосконалення технології. Однак корінний розв'язок проблеми немислимо без застосування добавок - це найбільш прогресивний і економічно вигідний спосіб одержання високоякісних масел. Добавки допомагають утвіру на поверхні тертя плівки, що самовідновлюється, м'ягкого металу, яка забезпечує низький коефіцієнт тертя. Це дозволяє підвищити в 2-3 рази довговічність вузлів тертя (реалізувати ефект безизносності). знизити втрати на тертя на 30-200 %, зменшити витрата матеріалів в 2-3 рази й у стільки ж збільшити період між мастильними роботами [10].

Для реалізації вищевказаних ефектів рекомендована присадка в масло перебуваючими у ній міцелами на основі молекул твердого пластичного змащення оксиду заліза (Fe_3O_4) з навколишніми її молекулами олеінової кислоти ($C_{18}H_{34}O_2$) [11], застосування якої приводить до підвищення мастильної здатності масел.

Присадка являє собою рідину з доданими в неї міцелами, що включають у себе оксид заліза й олеінову кислоту. Молекули олеінової кислоти адсорбуються на поверхні магнетиту в результаті процесу хемосорбції. Оксид заліза, що входить у міцелу, характеризується низьким опором зрушенню і є пластичним змащенням, що зменшує коефіцієнт тертя й інтенсивність зношування поверхонь у місцях їх зіткнення. Молекули олеінової кислоти, що входять до складу міцел, запобігають їхньому злипанню й забезпечують можливість їх знаходження в рідині у зваженому стані. Оксид заліза Fe_3O_4 (магнетит) має наступні характеристики: молекулярна маса - 231,54; колір - темно-червоний; щільність - 5,11 г/см^3. Олеінова кислота являє собою безбарвну рідину з температурою кипіння 286°С, щільністю 0.9 г/см^3. Довжина молекули олеінової кислоти 2 нм. Середня величина міцели становить 10 нм. Намагніченість насичення порядку 10 кА/м. Присадка призначена для роботи в слабких магнітних полях з напруженістю магнітного поля 20-40 кА/м. Основа міцели являє собою молекули твердого пластичного змащення оксиду заліза, а навколишні молекули є олеіновою кислотою зі змістом речовин у присадці, травні. % : Fe_3O_4 - 0,00001, $C_{18}H_{34}O_2$ - 0,0001, дизельне паливо - до 100.

Висновки

- Одним з найбільш зручних і перспективних способів оцінки інтенсивності зношування підшипників ковзання є складання рівнянь мультиплікативної

залежності від безрозмірних змінних трибосістеми, що дозволяє прогнозувати ресурс цього сполучення.

- Розробка максимально ефективного й економічно оптимального мастильного середовища є в цей час досить актуальним завданням.
- Найбільш сучасним і дешевим способом збільшення ресурсу роботи підшипників є заміна змащувального середовища на магнітне змащення із противозносної міцелярною присадкою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРА ТУРИ

1. ДЕРЖСТАНДАРТ ИСО 4378-1-2001. Підшипники ковзання. Терміни, визначення й класифікація. Частина 1. Конструкція, підшипникові матеріали і їх властивості.
2. Гура Г. С. Карти умов тертя в трибології // Мир транспорту. - 2010. - № 2. - С. 34-43.
3. Гура Г. С. Метод випробування матеріалів на абразивне зношування при високих швидкостях ковзання із застосуванням пружно-абразивного полотна //Тертя й зношування. - 1986. -Т. 7, №4. - С. 35-42.
4. *Гура Г. С.* Невільний рух з обліком деформируемости фрикційного контакту // Проблеми машинобудування й надійності машин. - 2001. - № 5. - С. 15-21.
5. *Гура Г. С.* Другий закон механіки в сучасній постановці // Мир транспорту. - 2003. - № 2. - С. 24-33.
6. *Fleischer G.* Energetische methode der Bestimmung des Verschleihes // Schmierungstechnik. - 1973. - B. 4. - P.9-12.
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.
8. Дроздів ІО. Н., Юдин Е. Г.. Белов А. І. Прикладна трибологія (тертя, зношування, змащення) / под. ред. Ю. Н. Дроздова. - М.: Эко-Пресс. 2010. - 604 с.
9. Пружанский Л. Ю. Истирающая здатність обробленої поверхні. - М.: Наука. 1975. - 640 с.
10. Площа фактичного контакту сполучених поверхонь / П. Е. Дьяченко. Н. Н. Толкачева. Г. А. Андрєєв. Т. М. Карпова. - М.: Изд-В АН СРСР, 1963. - 95 с.

УДК 536.24:621.791.55

Лебедев Б. В.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Анализ технологии восстановления целостности и формы деталей СТС применением экзотермических средств

Цель исследования - разработка технологии, доступной к использованию непосредственно персоналом машинной команды, позволяющей произвести оперативный ремонт – восстановление целостности и геометрии детали и - как следствие – ее работоспособности на период рейса.

Основным и задачами исследования являются

1. Определение типа экзотермического срадства наиболее подходящего для конкретного ремонта.

2. Определение тепловой мощности, необходимой для проведения конкретного вида ремонтных работ.

3. Обеспечение необходимой тепловой мощности экзотермического стержня - разработка химических реакций с достаточным тепловым выходом..

3. Разработка технологии применения конкретных видов экзотермических средств - стержней, пасты, термических шашек и т. п..

Для выполнения поставленной цели были проводятся следующие работы:

Проведена классификация способов восстановления деталей СТС доступных в условиях рейса и анализ необходимых для нихприменения условий - на базе общего анализа существующих способов восстановления геометрии и эксплуатационных свойств деталей СТС - с точки зрения их применимости непосредственно на борту судна, без вывода его из эксплуатации, силами машинной команды.

Обоснован выбор способа восстановления. Анализ применимости энергонезависимых паяльно-сварочных средств для восстановления геометрии рабочих поверхностей деталей сопряжений СТС показал возможность их применения и выгоды такого применения.

Проведен анализ деталей пригодных для восстановления выбранным способом. Разрабатывается общая физическая модель восстановления выбранным способом. Определены закономерности теплообмена в процессе наплавки.

Требования к расплавленному присадочному металлу.

Введено понятие тепловой активности для металлов, которые могут использоваться в процессе наплавки. Определено время теплового насыщения.

Определение энергетической мощности, необходимой для проведения наплавки.

Теоретически определена потребная энергетическаяй мощность энергонезависимых паяльно-сварочных средств с учетом достижения приемлемого

времени теплового насыщения и приемлемого коэффициента тепловой активности.

Проведена классификация энергонезависимых паяльно-сварочных средств, и анализ их применимости для восстановления поверхностей.

Проведены экспериментальные исследования наплавки энергонезависимыми паяльно-сварочными средствами - эксперименты по определению тепловой мощности паяльно-сварочных средств. Проведен анализ необходимой тепловой мощности различными средствами и различными составами.

Выводы: Энергонезависимые паяльно-сварочные средства являются обладают большим потенциалом в качестве приспособлений для экстренного аварийного ремонта деталей СТС без вывода их из эксплуатации..

УДК 629.5.035

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

Іонне азотування як метод ремонту колінчастих валів

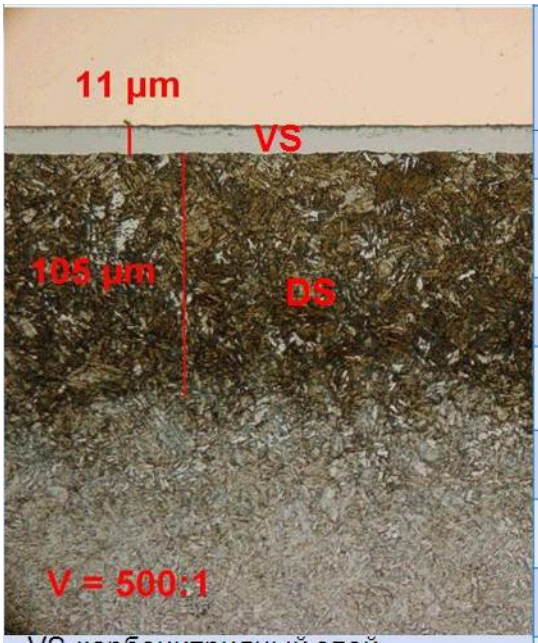
У зв'язку з тим, що основним видом ремонту колінвалів є шліфування, деякі виробники у своїх рекомендаціях з ремонту колінчастих валів в першу чергу рекомендують закінчувати процедуру переходу на ремонтний розмір рівня нижче повторним азотуванням колінвалу: як зазначалося вище, ця процедура проходить ще за часу його виготовлення.

Азотуванням проводиться легіруванням поверхневих шарів чавунів і сталей, підвищуючи цим їх твердість, жароміцність, міцність і ряд інших параметрів (рис.1.), що подовжують експлуатацію такого важливого вузла як колінвал: процес азотування відбувається при високих температурах, близько п'ятисот-шестисот градусів Цельсія, при цьому колінвал знаходиться під потоком аміаку, що викликає насичення верхніх шарів робочих поверхонь азотом.

Традиційне азотування - дорогий і тривалий процес, пов'язаний з великою витратою аміаку, підвищеними вимогами до техніки безпеки (адже в технологічному ланцюжку бере участь небезпечний аміак і, водень, який по закінченню процесу виділяється у великій кількості і який необхідно утилізувати), що свого часу може змусити судновласника задуматися про доцільність ремонту колінвала.

У цьому докладі пропонуються прогресивні технології для ресурсозберігаючих та безвідходних процесів ***хіміко-термічної обробки колінчастих валів в імпульс-плазмі тліючого розряду***, які забезпечують потрібну якість і необхідні властивості на будь-яких сталях, сплавах і металокераміці і, головне, у чавунів; описувана нижче методика зміцнення застосовна не тільки для колінвалів, а й для інших виробів та інструментів. Всі установки оснащені сучасним **імпульсним генератором плазми тліючого розряду (10**

кГц, 400-800 В), газо-вакуумної та електронною технікою. Установки будь-якої потужності мають автоматизоване управління, доступне у форм-факторі звичайного комп'ютеру.



Свойства детали	Влияние	
	VS	DS
Износостойкость	X	
Усталостная прочность	X	
Задиростойкость	X	
Коррозионная стойкость	X	
Жаропрочность	X	X
Предел выносливости	X	X
Предел прочности		X
Контактная прочность		X

Рис.1 Властивості карбонітридного шару, що з'являється завдяки процесу азотування.

Іонне азотування - хіміко-термічна обробка виробів, деталей та інструменту, в результаті якої відбувається дифузійне насичення поверхневого шару як розчиненим в матриці азотом, так і сполуками азоту з основними легуючими елементами азотуючого матеріалу - нітридами і карбонітридами заліза, хрому, ванадію, титану , вольфраму та інших металевих домішок. Процес здійснюється в азотовмісному газовому середовищі при робочому тисці камері установки 0,4-10 мбар під впливом тліючого електричного розряду між катодом (деталями) і анодом (стінками вакуумної камери)(рис.5.12). У результаті формування активної плазми - іонізованого газу активно утворюються різні модифікації дифузійних покриттів, що володіють високою якістю і службовими властивостями:

Чавуни
- Н = 0,1-0,3 мм, 500-700 HV; 49-60 HRC; Вуглецеві і низьколегована сталь - Н = 0,2-1,0 мм, 350-650 HV; 35-58 HRC; Середньолегована сталь - Н = 0,1-0,8 мм, 650-1200 HV; 58-71 HRC; Високолегована сталь і титанові сплави , - Н = 0,1-0,3 мм, 700-1300 HV; 60-73 HRC; Інструментальна сталь - Н = 0,01-0,3 мм, 800-1300 HV; 64-73 HRC; Металокераміка - Н = 0,01-1,0 мм, 350-650 HV; 35-58 HRC.

Рис.2. Процес азотування колінчастого валу

Зміцнені вироби мають високу твердість, втомну і контактну міцність, найкращим комплексом зносо-задіростойкіх і антикорозійних властивостей:

Коефіцієнт тертя зі змазкою - 0,03-0,05;

Коефіцієнт тертя в сухих умовах - 0,1-0,3;

Корозійно-ерозійна стійкість відповідає високолегованої сталі 12Х18Н10Т;

Контактно-втомна міцність і довговічність вище в 1,5-2 рази.

В цілому вищезгадані властивості перевершують показники хромованих та інших хіміко-термічних покриттів в 2-4 рази.

Основні переваги і відмінності нових технологій в порівнянні з існуючими процесами термо-хімічної обробки (цементація, ціанування, пічне та каталітичне азотування, хромування та ін.):

-Процес екологічно чистий, безвідходний і відповідає всім санітарно-гігієнічним вимогами;

-Ресурсозбереження за рахунок різкого скорочення електроенергії в 2-5 разів (середнє споживання 0,05 ... 0,1 кВт-год на 1 кг виробу) і робочих газів - в 100-200 разів (1 балону аміаку достатньо на 3 місяці роботи установки);

-Різке зниження часу обробки в 3-10 разів;

-Підвищення продуктивності, зниження трудомісткості і собівартості обробки в 2-4 рази;

-Регульована будова слоїв та оптимізація властивостей азотованих покриттів, що мають більш високу твердість, зносостійкість і антикорозійний опір;

-Розширений діапазон температур насичення (450-600 ° С);

-Підвищення якості покриттів за рахунок рівномірного, регульованого і бездефектного формування зміцнених шарів;

-Виключається необхідність попередньої депассівації (пасивність - придбання металом при виготовленні деталі стану високої хімічної стійкості. Пасивний стан металу обумовлено утворенням на поверхні міцної плівки окислів, яка виникає в результаті впливу різних окислювачів. Ця захисна плівка володіє високою щільністю і добру адгезію до металу. При деяких видах обробок деталі, потрібно депассівація для відновлення можливості обробки деталі);

Мінімальна зміна розмірів і збереження чистових параметрів в допусках конструкторської документації, що виключає додаткове механічну обробку зміцнених виробів;

-Створення спеціалізованих типів захисних покриттів, що мають спеціально орієнтоване і регульовану будову, що володіє унікальним комплексом властивостей по зносостійкості і опору створюванню тріщин;

- застосування простих і дешевих способів запобігання деталей при місцевому зміцненню, які замінюють шкідливі і дорогі гальванічні, а також інші ізолюючі хімічні покриття;

-Висока відтворюваність і стабільність процесу і його повна автоматизація управління і контролю.

Вже є сорокорічний досвід використання подібних технологій, але, на жаль, вони ще не вийшли на рівень великогабаритних виробів, якими характерна морська галузь: максимальні розміри купола, в якому зберігається азотовмісна атмосфера не перевищують діаметр в два метри і висоти - у вісім, але, тим не менш, при горизонтальному (рис.7.13.) виконанні такого апарату зі згаданими максимальними розмірами вже можлива обробка деяких колінвалів шести-семи циліндрових дизелів.

До складу установки іонного азотування і карбонітрації входить наступне обладнання:

- Вакуумна камера;
- Плазмовий генератор;
- Газо-вакуумна система;
- Система управління.

У вакуумних камерах, що тримають близький до вакууму робочий тиск в діапазоні від 40-1000 Паскаль - подвійні стінки, між якими циркулює охолоджуюча вода. Для зменшення тепловтрат і забезпечення рівномірності температури по внутрішніх поверхнях камери розміщені сталеві теплозахисні екрани, які виконують роль анода.

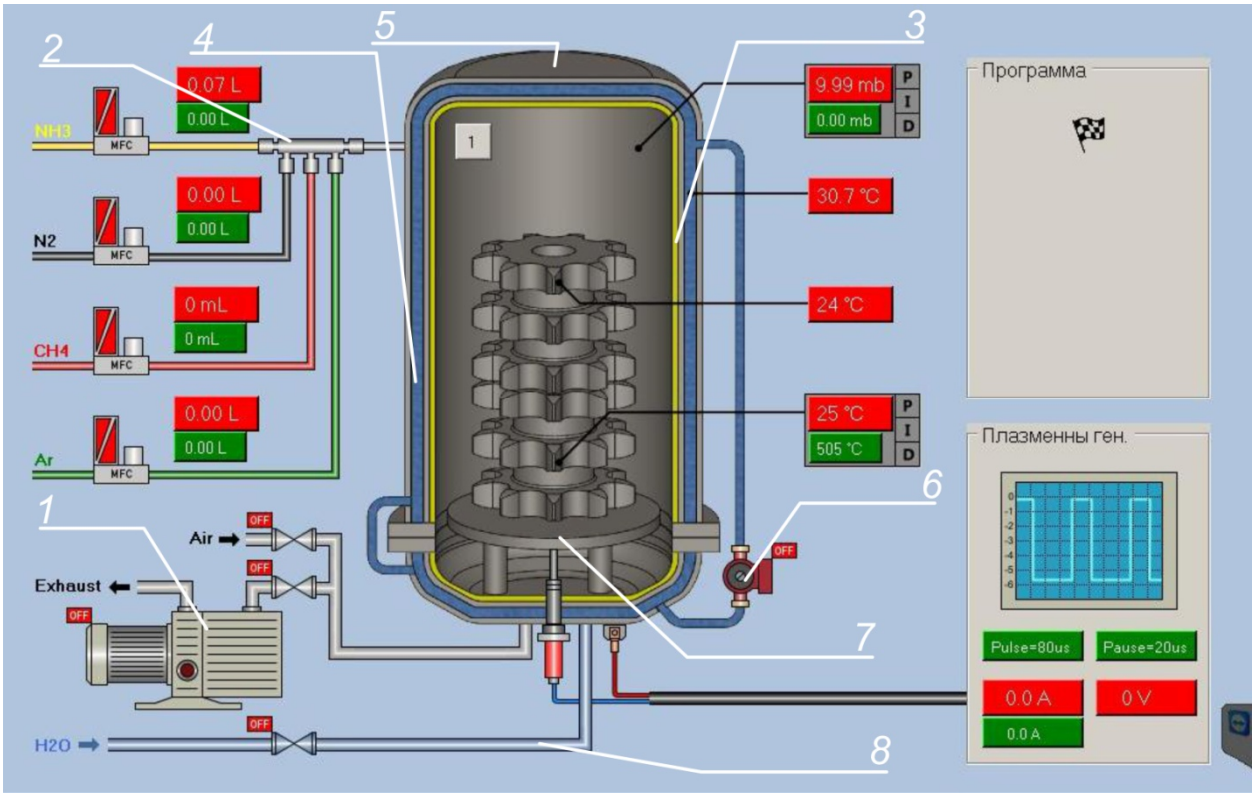


Рис.3 Окно відкритої програми управління азотуванням. На принциповій схемі зображено: 1 - компресор; 2 - газова лінія насичення внутрішньої атмосфери; 3 - внутрішній корпус, службовець анодом; 4 - контур охолодження; 5 - зовнішній корпус купола; 6 - вихід охолоджуючої води; 7 - катодна плита; 8 - магістраль охолоджуючої води.

Деталі розміщуються на спеціальній катодного металевій плиті. Плита і підвіски монтуються на опорних ізоляторах. Прохідні електроди здійснюють зв'язок з катодом плазмового генератора. Корпус камери заземлений.

За процесом горіння плазми можна спостерігати через оглядове вікно. У камері встановлені термодатчики для контролю температури оброблюваних деталей. Плазмовий генератор збуджує імпульсний тліючий електричний розряд наступних параметрів:

-Напруга : 300-800В;

-Макс.імпульсний струм: 25 - 400 А;

-Частота Імпульсів: 5 - 10 кГц;

- Тривалість імпульсів: 50 - 95% від циклу.

Плазмовий генератор і його апаратура живлення і захисту - електричні фільтри, автоматичні вимикачі, контактори, силовий трансформатор і силовий тиристорний випрямляч - розміщені в металевій шафі з повітряним охолодженням біля пункту управління.

Газо-вакуумна система відкачує повітря з камери і подає в неї робочі гази, в якості яких, залежно від необхідного виду поверхневого легування, можуть використовуватися аміак, азот, водень, аргон, пропан, метан і природний газ.

До її складу входить: вакуумний насос, електро-пневматичні та електромагнітні вентилі, редукційні вентилі з фільтрами і манометрами, контролери витрати газів, змішувач газів, ручні крани, датчик вимірювання абсолютного тиску в камері і приєднувальні вакуумні з'єднання.

Система управління складається з головного контролера і підлеглих вузлів (передавачі і сервомотори), пов'язаних через високонадійну комунікаційну мережу.

Контролер отримує дані від передавачів, виконує програмну реакцію в режимі реального часу і направляє команди Сервомотори які приводять в дію механізми установки. Блок програмного контролю управляє збором даних, роботою регуляторів тиску, струму і температури, логічного керування, реєстрацію даних, контролює хід технологічного процесу, виявлення помилок та візуалізацію.

Довготривала пам'ять контролера зберігати до ста технологічних режимів та історію технологічних процесів(рис.7.14). В історію входять найважливіші параметри - температура, тиск, струм, напруга, витрата газів і час.

Технологічна програма складається з: продувки, очищення, нагрівання й безпосередньо процесу азотування. Під час очищення, деталі очищаються від бруду, а під час нагрівання деталі нагріваються до потрібної температури. Весь процес проходить так: після вакуумування до 0.5 мбар, камера заповнюється з робочим газом до заданого тиску і на потребний час. Після остаточного заповнення починається катодна очищення деталей, під час якої струм розряду незмінний і становить зазвичай 10 - 20% від його максимального значення, тривалість імпульсів дорівнює проміжкам часу між ними, а тиск постійний, в межах 0.5 - 0.8 мбар. Цей етап використовується для початкового підігріву і додаткового очищення деталей. Низький струм і низька частота імпульсів запобігають виникненню електричних дуг на холодних і забруднених деталях. Етап очищення триває від 5 до 30 хвилин.

Після цього в комп'ютер вводяться швидкість нагріву, тиск, частота розрядів, робочий газ і час витримки при заданій температурі.

Після очищення починається нагрів, який складається з 14 кроків. На кожен крок задається швидкість нагріву, цільова температура, тиск, частота, частота і тривалість імпульсів і складу робочого газу. Струм визначається регулятором температури. У процесі нагрівання деталей, відбувається збільшення тиску і коефіцієнта заповнення. Протягом кожного кроку тиск може бути постійними або наростати з підвищенням температури.

При досягненні заданої температури азотування, починається ізотермічний процес насичення: температура, частота імпульсів і тиск постійні. Їх значення 400 - 600 ° С, частота 80-95% і 2.0 - 8.0 мбар, відповідно. Режим азотування триває від шести хвилин до 20 годин, в залежності від конструкторсько-технологічних вимог і експлуатаційних властивостей упрочнюючих виробів.

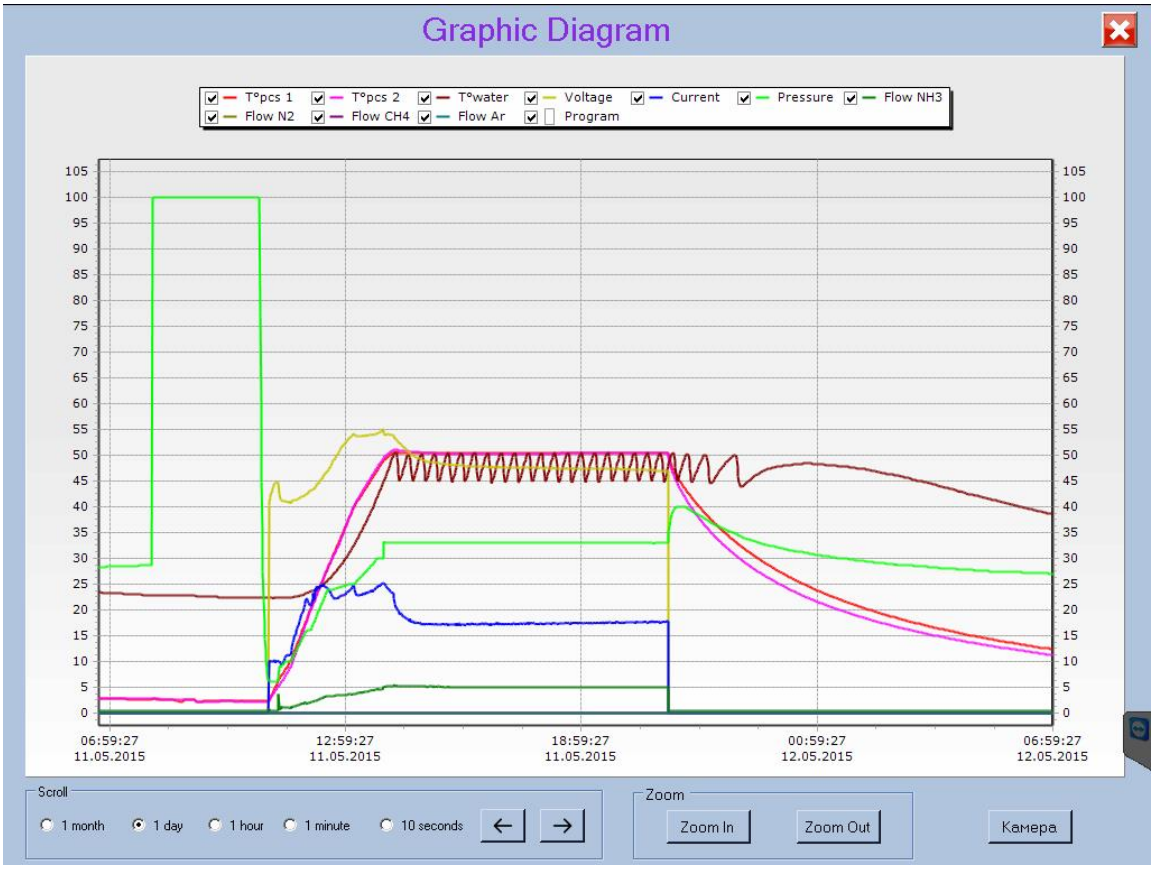


Рис.4 Діаграма зміни робочих параметрів протягом одного з днів роботи установки

По закінченню ізотермічного насичення, деталі остигають в розрідженій атмосфері робочого або інертного газу. У разі необхідності, можна проводити повільне охолодження в плазмі зі зменшеною потужністю. При досягненні температури 150 ° С, камера відкривається, і деталі охолоджуються.

Технологічний процес повністю автоматизований. Регулювання всіх основних параметрів процесу здійснюється головним контролером. У випадку аварії, наприклад, при короткому замиканні в камері, підвищенні температури стінки камери або при повному використанні робочого газу, контролер зупинить процес і включить світловий і звуковий сигнал.

Впроваджуючи на своєму виробництві технології поверхневої іонно-плазмової обробки, повинна спостерігатися економія матеріальних ресурсів, поліпшення екологічної обстановки на ремонтному підприємстві, багаторазове збільшення продуктивності і підйом якості продукції на недосяжний раніше рівень. Сучасна техніка, комп'ютерне управління режимами і можливість оперативного регулювання параметрів процесу азотування - все це сприяє модернізації та підвищення технічного рівня термічних виробництв.

УДК 629.5.035

Соболевський Н.С., Мельник О.А.
Національний університет «Одеська морська академія»

Особливості і методи зварювання чавуну

Зварювання чавуну використовуються при виготовленні суцільнозварних конструкцій і при проведенні ремонтних робіт. Залежно від умов експлуатації й типу зварених з'єднань чавунних деталей до них пред'являються різні вимоги по щільності (газо- і водонепроникність), міцності й оброблюваності різальними інструмент. Дані вимоги забезпечити досить складно у зв'язку з фізико-хімічними властивостями чавуну. Труднощі, якими характеризується зварювання чавуну, як правило, обумовлені низькою стійкістю металу зваренного шва до утвору тріщин і його поганій обробці на механічних верстатах.

Слабка стійкість основного металу й поверхні близько шовної ділянки до утвору тріщин характерна для чавуну, що має знижений запас деформаційної здатності (знижена пластичність і міцність).

Дані особливості чавуну пов'язані з порушенням його металевої основи вкрапленнями графіту і його схильністю до загартування і відбілювання навіть при малих швидкостях охолодження. Ці властивості чавуну визначені високим змістом вуглецю, що перебуває в ньому.

Щоб з'єднати між собою чавунні деталі, використовують пайку, ливарне, дугове, термітне й газове зварювання, а також електрошлаковку, зварені роботи здійснюються без підігріву (холодний спосіб), з місцевим або загальним підігрівом усієї конструкції. При дуговім зварюванні чавуну застосовують леговані, сталеві, графітові й вугільні електроди, а також електроди з кольорових металів. Місця під зварювання підготовляють вогневим способом або механічним шляхом.

Щоб удержати розплавлений метал зварювальної ванни (його називають рідкотекучим чавуном), використовують спеціальні формувальні форми. Состав формувальної маси такий: 30% білої глини, 30% формувальної землі й 40% кварцового піску, замішаного на рідкім склі.

Деталь, підготовлену до зварювання, піддають місцевому або загальному підігріву до температури 350-450 градусів. Для деталей підвищеної складності необхідне нагрівання до 550-600 градусів.

Зварювання чавуну може виконуватися на змінному або постійному струмі, його величину підбирають, виходячи з розрахунку 50-90 А/1 мм діаметра електрода.

Технологія зварювання чавуну

Чавунними називають ті сплави заліза, які містять більш двох відсотків вуглецю. Від состава й структури чавуну багато в чому залежать властивості зварених з'єднань і зварюваність. Чавуни розрізняють за формою графіту, яка втримується в сплаві. У маркуванні вказуються фізичні властивості чавуну. Наприклад, індексом «СЧ» відзначається сірий чавун, чиї механічні

властивості обумовлені наявністю вуглецю, що перебуває в незв'язаному стані з вуглецевими кристалами, що мають пластинчасту форму. Як правило, цей різновид чавуну використовують при виготовленні конструкцій. Індексом «ВЧ» маркірується чавун високої міцності. У цьому виді чавуну графить є присутнім у сферичній формі, що формується завдяки введенню магнію.

За рахунок тривалого випалу чавуну графить знаходить пластівчасту форму, що дає йому можливість перебувати у вільному стані. Завдяки цьому пластичність основного матеріалу збільшується, тому такий чавун називається ковким – він позначається індексом «КЧ». «БЧ» — це білий чавун, у якім вуглець утримується у вигляді хімічної сполуки за назвою цементит. Цементит робить чавун більш твердим, але ламким, тому його використання в конструктивних цілях обмежене.

Технологія, матеріали й режими зварювання конструкцій і чавуну залежать від виду чавуну й умов використання конструкції, що зварюється. Зварювання може виконуватися холодним або гарячим способом. Зварювання чавуну припускає наявність певних труднощів: так, це може бути крихкість звареного з'єднання і виникнення тріщин, які виникають у зв'язку із залишковими напругами та деформаціями. Щоб виключити ці явища, використовують попередній, а потім супутній підігрів, який забезпечує необхідну структуру з'єднання.

Хід підготовки поверхонь, що зварюються, схожий з раніше розглянутими варіантами, у нього входить очищення деталей, оброблення країв та ін. Щоб розплавлений метал під час зварювання не випливав, роботу краще робити в нижньому положенні з формуванням зварювальної ванни. При зварюванні потрібно бути гранично уважним, тому що поява на поверхні зварювальної ванни тугоплавких окислів приводить до утворення не проварів.

Зварювання чавуну виконується за допомогою мідно-залізних, мідно-нікелевих, залізно-нікелевих, нікелевих і сталевих електродів.

Особливості зварювання чавуну

Певні утруднення при зварюванні чавуну пов'язані з великою схильністю до утвору мартенситу й ледебуриту у зварювальному шві, що суттєво знижує його оброблюваність і підвищує можливість появи тріщин.

Щоб зменшити небезпека утворення тріщин при використанні електродів, які дають наплавлений метал, чий состав відрізняється від чавуну, краще робити зварювання короткими валикам (25 -30мм) з обов'язкової ділянками, проковування й застосовувати інші заходи. При зварюванні за допомогою чавунних електродів з'являються додаткові труднощі, пов'язані з великою схильністю чавуну до утворення гартівних структур і низькою пластичністю шва. Також тріщини у зварених швах утворюються через лінійну усадку чавуну. Величина й характер лінійної усадки за умови швидкого охолодження залежать від хімічного складу металу. Мінімальна схильність до появи тріщин при однакових умовах зварювання відзначається в наплавленого металу з більшим змістом вуглецю.

Величина лінійної усадки – це важливий критерій, що дозволяє оцінити схильність чавуну до утвору тріщин. При цьому визначальну роль при утворі тріщин відіграє не величина до перлітної усадки, а сума розширення при евтектоїдним і евтектичним перетвореннях і до перлітної усадки, а також інтенсивність ходу усадки на кожному етапі.

Зварювання різних видів чавунів відбувається по-різному. Чавуни, що мають грубу структуру з великими включеннями графіту, більшими феритними зернами й фосфідною евтектикою зварюються гірше інших. Зварюваність чавуну поліпшує легування молібденом, титаном, нікелем і деякими іншими елементами. Погано зварюються чавунні вироби, які тривалий час були під впливом високих температур або водяної пари. При їхньому ремонті необхідно вживати особливих заходів. Краще інших зварюються не окиснені сірі чавуни з невеликими включеннями графіту, у яких утримується мінімальну кількість фосфору й сірки.

Структура металу шову й близько шовна ділянка також мають свої особливості. Проводячи аналіз структурних перетворень, які протікають у чавуні в процесі зварювання, необхідно враховувати високу швидкість охолодження металу. У зв'язку із цим деякі елементи впливають на структуру чавуну, тому рівень графітизації може змінюватися.

Графітний вплив елементів у процесі зварювання набагато нижче, чим при виготовленні виливків із чавуну. Максимальна графітизація в умовах зварювання відбувається через вуглець, мінімальна – через кремній. Щоб попередити утворення ледебуриту у шві, потрібно підвищити в ньому зміст кремнію й вуглецю в порівнянні з них часток у простому ливарному чавуні. Мідь і нікель впливають на графітизацію в умовах високих швидкостей охолодження.

А от марганець, який є карбідоутворюючим елементом, при змісті від 1 до 1,2% впливає на процес графітизації досить специфічним образом. Він збільшує рівень графітизації чавуну за умови низького змісту вуглецю й зменшує її при його високому змісті.

Якщо ввести в метал шову небагато хрому, ванадію й титану, графіт буде подрібнюватися. При подальшім підвищенні змісту даних елементів у швах почне утворюватися ледебурит.

Якщо ввести в метал шва модифікатори, можна змінити рівень дисперсності структурних складових і умови кристалізації, тим самим вплинувши на технологічні й механічні властивості металу шва. Процес кристалізації металу небагато змінюється, тому що міняються процеси зародження й росту центрів кристалізації. Головна ідея модифікування чавуну припускає зміна умов эвтектичного перетворення таким чином, що з'являється графітна еклектика з максимально сприятливим розподілом і формою графіту.

Щоб одержати у шві сірий чавун, який не буде схильний до утвору тріщин, потрібно мати у зварювальній ванні вуглець і кремній у достатній кількості – вони зменшують лінійну усадку й сприяють процесу графітизації.

Також потрібно забезпечити особливі умови охолодження металу, які дозволять протікати процесу графітизації максимально повно.

На механічні властивості звареного з'єднання, його якість і оброблюваність впливають не тільки властивості наплавленого металу, але й структурні перетворення, які протікають в пришовній ділянці. Тому що температура в даній зоні постійно міняється, основний метал зазнає різним структурним перетворенням. Головні фактори, які впливають на ці перетворення – це швидкість нагрівання й охолодження пришовної ділянки, хімічний склад і структура основного металу, а також хімічний склад наплавленого металу.

Самі серйозні перетворення структури відзначаються на ділянці неповного розплавлювання, де рідкий метал з'єднується із твердим. При зварюванні чавуну без підігріву, коли швидкість охолодження становить більш п'яти градусів у секунду в інтервалі від 300 до 500 градусів, на межі сплаву можна помітити утвір прошарків мартенситу й ледебуриту. Прошарок ледебуриту з'являється у зв'язку з певним хімічним складом зварювальної ванни. Використання зварювального дроту й електрода, до складу яких входить кремній, вуглець або нікель, зменшує розмір прошарку ледебуриту, а за певних умов (режим зварювання, концентрація даних елементів) і зовсім усуває її.

УДК 629.5.035

Пясковский Т.Ю., Мельник О.А.
Національний університет «Одеська морська академія»

Методи і способи відновлення деталей суднових технічних засобів.

Відновлення деталі — це зміна її геометричних розмірів до ремонтних або номінальних значень при збереженні міцності й властивостей матеріалу, з якого вона виготовлена. При цьому вартість її відновлення не повинна бути вище нової деталі, а ресурс роботи відновленої деталі повинен бути не менш 80% нової. У суднoремонті існує три методи відновлення деталей СТЗ. Структурна схема методів відновлення наведена на малюнку:

Для відновлення деталей СТС до номінальних або ремонтних розмірів застосовують різні способи відновлення, вони наведені на структурній схемі.

Розглянемо технологію відновлення деталей по кожному з перерахованих способів.

Механічна обробка — точіння, фрезерування, свердління, стругання, шліфування, полірування, хонінгування і т.д. — застосовують для усунення

овальності, конусних, рисок, подряпин; забоїв у шийок валів, втулок і інших деталей, а також відновлення їх до номінальних і ремонтних розмірів, чистоти їх поверхонь і виготовлення нових деталей.

Шліфування, полірування, хонінгування, а також алмазне вигладжування застосовують для підвищення точності і якості оброблюваної поверхні.

Механічну обробку виконують із використанням відповідного металорізального інструмента (різців, фрез, свердлів, абразивного інструмента).

Різці, фрези, свердли для підвищення ріжучих властивостей оснащують пластинами із твердих сплавів, таких як ВК6, ТЗОК4, Т17 ДО12 і інших.

Застосування різців із пластинами із твердих сплавів і надтвердими матеріалами (алмазом або нітридом бору — эльбором) дозволяє виконувати механічну обробку деталі після її загартування.

Зварювання й наплавлення — за допомогою зварювання заварюють тріщини у валах, втулках, корпусах механізмів і елементах корпуса судна. Наплавленням відновлюють розміри шийок валів, усувають ерозійні руйнування лопастей гребних гвинтів і т.д.

Для зварювання й наплавлення на змінному струмі застосовують зварювальні трансформатори типу ТС-300, ТС-500, ТД-300, ТСП-2 і ін., а на постійному струмі — перетворювачі типу ПСО-500; ПСОВІ-500. або зварювальні випрямлячі ВСС-300-3; ВКС-300 і ін.

Для постійного струму використовують електроди марок УОНИ 13/45, УОНИ 13/55, УОНИ 13/85.

Для змінного струму використовують електроди марок ОМН-5; ЦМ-7; АНО-3;.

Зварювання й наплавлення чавунних деталей роблять без їхнього підігріву або з нагріванням до температури 300-400 С. Для зварювання використовують електроди із чавунів марки А и Б або мідні електроди.

Підігрів деталей здійснюють в електричних печах, газовими пальниками, а після наплавлення або зварювання — повільне охолодження.

Газове зварювання застосовують для відновлення деталей з будь-яких сплавів. Наплавлений шар становить 0,25-0,5 мм. Для відновлення деталей із чавуну й кольорових сплавів обов'язково застосовують флюси. На судах ви-

користовують ацетиленокисневе зварювання й різання металів. На СРЗ застосовують і інші горючі гази (водень, пропан, бутанова суміш).

Електрозварювання може бути ручний, напівавтоматичної й автоматичної.

Для захисту розплавленого металу від повітря використовують аргон, гелій, оксид вуглецю й азот.

Аргонодуговуве зварювання застосовують для деталей, виготовлених із чавуну, легованих сталей і будь-яких кольорових сплавів.

Зварювання в оксиді вуглецю використовують для деталей, виготовлених з вуглецевих і легованих сталей.

Азотнодугове зварювання застосовують для деталей, виготовлених з міді й мідних сплавів, тому що цей газ інертний стосовно них.

Автоматичне наплавлення виконують на токарських верстатах, а для збільшення продуктивності застосовують стрічкові електроди з нержавіючої сталі товщиною 0,3-0,7 мм, або з маловуглецевих сталей товщиною 0,5-0,7 мм, ширина стрічки становить 30-40 мм; зварювальний струм — 650 А.

Плазмове зварювання — спосіб з'єднання деталей, при якім у якості джерела теплоти використовують іонізований газ (плазма), температура якого досягає до 16000°С и вище в місці зіткнення з оброблюваним матеріалом. Іонізований газ, що містить вільні позитивні й негативні іони, звичайно виходить при нагріванні газу концентрованою електричною дугою. Пристрій, у якім нагрівається газ і утворюється плазма, одержало назву плазмовий пальник або плазмотрон. Для зварювання застосовують аргон, суміші аргону з воднем або гелієм.

Плазмове різання застосовується в тому випадку, коли не застосовується електричне й газове різання. Плазмове різання вуглецевої сталі може проводитися з використанням повітря або кисню. Ширина різуваного сталевого аркуша товщиною 25 мм становить близько 5 мм.

Плазмовим пальником розріжуть аркуші з алюмінієвих сплавів товщиною до 125 мм, нержавіючої сталі — до 100 мм.

Плазмове наплавлення проводиться за допомогою плазмових пальників. З їхньою допомогою можливе нанесення будь-яких тугоплавких матеріалів на інші матеріали.

Лазерне зварювання — спосіб з'єднання деталей, при якім у якості джерела теплоти використовують потужний сконцентрований світловий промінь, випромінюваний оптичним квантовим генератором лазером.

Лазерне зварювання є прецизійною операцією, у більшості випадків не потребуючої наступного усунення залишкових деформацій або механічної обробки зварених вузлів конструкцій. Виконані лазерним променем зварені шви відрізняються гарними механічними властивостями. Залишкові деформації при лазернім зварюванні в 3-5 раз менше, чим при газовім зварюванні. Використовуючи лазерне випромінювання можна одержувати якісні зварені з'єднання кольорових металів і сплавів — мідних і алюмінієвих.

Лазерне різання — спосіб поділу практично будь-яких матеріалів, Незалежно від їхніх теплофізичних властивостей. За допомогою лазерного променя можна точно, швидко й без шуму розрізати аркуші з вуглецевих, легованих і нержавіючих сталей, алюмінієвих і мідних сплавів товщиною до 10 мм. Ширина розрізу становить 0,2-0,5 мм. При цьому забезпечується висока якість поверхні розрізу на всіх металах, незалежно від їхньої температури плавлення й твердості. Лазерне різання застосовується для поділу легкозаймистих матеріалів: пластмаси, дерева, склопластиків, паперів і, шкіри, при їхній товщині до 50 мм, при цьому ширина їх не перевищує 1 мм. Лазерне різання, у порівнянні з іншими способами, дає можливість одержати вузький розріз в оброблюваному матеріалі, вести обробку матеріалу практично по будь-якому складному контуру й автоматизувати процес різання при досить високій точності й продуктивності.

Лазерне наплавлення — являє собою технологічний метод одержання покриттів із заданими фізико-механічними властивостями. Наплавлювані матеріали у вигляді обмазки наносять на поверхню деталі, або у вигляді порошку подають за допомогою дозатора безпосередньо в зону впливу лазерного променя. У якості наплавочних матеріалів використовують метали, сплави й кераміку. Одержуваний шар має товщину до 1 мм, має високу адгезію, однорідність, щільність, значну твердість.

Ресурс деталей, відновлених лазерним наплавленням, рівний, а в окремих випадках перевищує ресурс нових.

Пробивання отворів — цей спосіб широко використовують у приладобудуванні для одержання отворів діаметром від 10 мкм до 1 мм у будь-яких, у тому числі, у тендітних і твердих матеріалах. Використовуючи імпульсний режим роботи лазера можна одержати отвори різного діаметра на більшу глибину, що неможливо іншими методами. Для одержання отворів діаметром менше 5 мкм використовують лазери з малими значеннями довжини хвилі.

Гальванопокриття — це електролітичний метод нарощування металу.

У цей час відоме багато способів нарощування металу електролітичним методом: нікелювання, хромування, міднення, цинкування, сталювання, кадміювання і т.д. Найбільше поширення в суднoремонті одержали сталювання й гладке або пористе хромування.

При електролітичнім нарощуванні деталь служить катодом. Джерелами постійного струму служать генератори з вихідною напругою 6/12 У и силою струму 3000/1500 А.

Перед нанесенням на деталь гальванічного покриття її піддають механічної обробки для відновлення геометричної форми й підвищення чистоти її поверхні. Ізолюють ті місця, які не підлягають хромуванню (ізолюють свинцем, цапонлаком — целулоїд, розчинений в ацетоні). Після хімічного або електролітичного знежирення (30-50 г їдкого натру на 1 л води) деталь промивають у проточній гарячій і холодній воді.

Хромування — виконують у ванні з подвійними стінками, простір між якими заповнюють дистильованою водою й нагрівають її до 55 С. Потім на кожний літр води вводять 250 г хромового ангідриду й 2,5 г сарною кислоти. Після хромування деталь промивають гарячою дистильованою водою, потім холодної, а потім знову гарячої, щоб остаточно змити залишки кислот.

Хромуванням відновлюють зношування в деталей від 0,05 до 0,3 мм на сторону. При товщині покриття більш 0,3 мм міцність хромового шару знижується. Поверхні, що працюють на тертя, піддають пористому хромуванню. Завдяки наявності пор різко зменшується зношування хромованої поверхні.

Сталювання— процес електролітичного осадження залізних покриттів з водяних розчинів хлористого (Fecl2 + 4H20) або сірчанокислого (Fes04 + 7H20) заліза. Осталиванием нарощують шар металу товщиною до 3 мм.

Склеювання — у суднoремонті найбільше застосування одержали синтетичні клеї на основі эпоксидных смол ЭД-5, ЭД-6, ЭД-16, ЭД-20, отвердителя, пластифікатору й різних наповнювачів.

Клей наготовлюють безпосередньо перед його використанням, тому що живучість клею всього 45-60 хвилин.

Приготовлений клей наносять на очищені й знежирені поверхні. При холоднім склеюванні деталі витримують протягом 24 год при нормальній температурі, при гарячому — протягом 6-8 год при температурі 120-150 С.

Крім клеїв на основі эпоксидных смол у суднoремонті застосовують також синтетичні клеї БФ- 2, БФ-4, клей типу «Спрут», який дозволяє склеювати деталі без їхньої ретельної підготовки, девкон, эластомер і матеріали Belzona.

Эластомер являє собою состав на основі смоли ВДУ й ні-трильного каучуку СКН-40, розчиненого в ацетоні. Приготовлений розчин эластомера може зберігатися практично без обмеження часу в закритому посуді. Эластомер у якості клеїв, паст, замазок будь-якої в'язкості й необхідними наповнювачами застосовують для відновлення посадкових натягів у нерухливих з'єднаннях, захисту поверхонь, що сполучаються, від раковин і висипу, що виникають при високих питомих навантаженнях в умовах вібраційно-коливального тертя.

Поверхні деталей під эластомер очищають металевою щіткою й зачищають наждаковим полотном до металевого блиску, потім поверхню знежирюють спиртом, бензином В-70, ацетоном і т.д.

Эластомер наносять вручну кистю, відцентровим способом або напилюванням. Він не боїться води, масла, дизельного палива, гасу, бензину. Деталі можуть експлуатуватися при температурах від - 20 до + 145 С. Основний недолік при роботі з эластомером — підвищені зусилля розпресування з'єднань (в 2-3 рази), залежно від натягу й обробки деталей, що сполучаються.

У цей час стали застосовувати матеріали Belzona. Ці матеріали існують із 1952 р. і знайшли широке застосування в усьому світі в багатьох галузях промисловості.

Матеріали Belzona — це двокомпонентні, полімерні матеріали з високою хімічною й термічною стійкістю. Вони мають унікальні властивості, які відрізняють їх від наявних у світі аналогів:

• усі матеріали Belzona не дають усадки при застиганні;

• можуть працювати в агресивних середовищах;

• мають тексотропічністю (не течуть), що дозволяє проводити роботи на стельових або вертикальних поверхнях;

• можуть бути піддані будь-якій механічній обробці, інші — тільки алмазними інструментами;

• строк зберігання не обмежений.

За допомогою цих матеріалів можна робити наступні види робіт:

• корпусні;

• ремонт трубопроводів;

• відновлення посадкових місць підшипників;

• установка механізмів на фундаменти;

• відновлення робочих поверхонь насосів.

Деформуванням можна виправити геометричну форму: погнутість вала, вм'ятини обшивки корпуса судна і ємностей, деформацію лопат гребного гвинта, прогин вантажної стріли, деформацію шатуна, штока й ін. деталей.

Для відновлення геометричної форми застосовують різні способи виправлення:

• механічний;

• термічний;

• термомеханічний.

Механічний спосіб полягає в тому, що вал, як правило, укладають на дві опори опуклістю нагору й до місця максимального вигину прикладають механічне зусилля (за допомогою гідравлічного домкрата).

Термічний спосіб — погнутий вал вільно кладуть на підшипники або встановлюють у центрах токарського верстата опуклою стороною нагору. Ділянка з максимальним вигином ізолюють змоченими аркушами азбесту, а в крапці найбільшого биття в ізоляції залишають для нагрівання «вікно» розміром 30-50 мм. Ця ділянку швидко нагрівають газовим пальником до температури 500-650 С (5-10 хв) і одночасно різко прохолоджують по периметру зони нагрівання. При нагріванні ділянки вала з максимальним вигином виникають стискаючі напруги на опуклій стороні, а на ввігнутої — розтягувальні, у результаті яких він випрямлюється. Незалежно від способу виправлення (рихтування) вал піддають отжигу для зняття внутрішніх напружень, що виникли під час деформацій і виправлення його з наступної механічною обробкою. Для цього під місце, яке було погнуто, підводять електричну муфтову або індукційну піч, вал обертають із частотою 10-20 хв при температурі 400 С. Час витримки 3-4 ч.

Термомеханічний спосіб — застосовують тоді, коли іншими способами виправити вал не можна. Цей спосіб є найбільш універсальним — їм виправляють вали будь-яких діаметрів. Погнуту частину вала нагрівають нафтовою

лампою до 900-950 С и роблять рихтування гідравлічним домкратом. Для відновлення первісних розмірів деталей застосовують спеціальні оправлення (для роздачі) і кільця або втулки (для обтиснення). За допомогою роздачі відновлюють зовнішні розміри порожніх поршневих пальців, шляхом обтиснення — внутрішні розміри підшипникових втулок.

УДК 629.035.5:621.647.2

Ермошкин Н.Г., Шаров Р.А.
Институт Военно-Морских Сил Национального университета «Одесская морская академия»

Меры по предотвращению разрушений материалов насадок гребных винтов

Во время ходового режима работа гребного винта сопровождается интенсивным вихреобразованием. Сходящие с концов лопастей вихри на большинстве эксплуатационных режимов судна кавитируют. Замыкание и дробление кавитирующих вихрей на корпусных конструкциях вызывает эрозионно-коррозионный износ, причем интенсивность вихрей, а следовательно, и степень вызванного ими износа увеличивается с ростом нагрузки.

При установке направляющей насадки интенсивность концевых вихрей уменьшается. Отчасти это происходит от того, что, вследствие влияния стенки и вязкостного сопротивления в зазоре между внутренней поверхностью насадки и концами лопастей, уменьшается скорость перетекания жидкости с нагревающей на засасывающую сторону лопасти, отчасти – из-за разгрузки винта насадкой, воспринимающей часть упора движителя.

Однако и в этом случае вихреобразование винта не может быть полностью устранено, и вихревая кавитация оказывает неблагоприятное воздействие на внутреннюю обшивку насадки. Как показывают наблюдения, кавитирующей вихрь, коснувшись внутренней стенки насадки, полностью или частично замыкается на ней. Вихрь вблизи стенки деформируется, вытягивается по обшивке в направлении потока и, если зазоры малы, дробится на отдельные пузыри. При больших зазорах ($\Delta > 0{,}01\ R$) полного дробления кавитирующих вихрей обычно не происходит. В этих случаях при соприкосновении со стенкой насадки вихри деформируются и отходят от нее с ослабленной интенсивностью. Начало касания, деформации или дробления кавитирующих вихрей обычно не происходит. В этих случаях при соприкосновении со стенкой насадки вихри деформируются и отходят от нее с ослабленной интенсивностью. Начало касания, деформации или дробления кавитирующих концевых вихрей в натурных условиях легко обнаруживается по характерному для замыкания каверн металлическому стуку.

При проектировании судов с направляющими насадками необходимо принимать во внимание интенсивные электрохимические процессы, возникающие из-за разнородности материалов винта, насадки и корпуса. Так, при

изготовлении внутренней обшивки насадки из обычной корпусной стали (09Г2, ВМСт3сп), а гребного винта из сплавов на медной основе или хромоникелевой нержавеющей стали разность потенциалов между ними в морской воде достигает 400 мВ. При этом обычная корпусная сталь обшивки насадки становится по отношению к винту протектором. Наличие контакта указанных разнородных металлов при близки по величине поверхностях может увеличить скорость коррозии корпусной стали в 2-3 раза. Особенно ускоряется процесс коррозии в районе зазора между концами лопастей и стенкой насадки, где плотность тока достигает наибольшей величины. в результате обшивка насадки, изготовленная из обычной корпусной стали, интенсивно разрушается (рис. 1). Кроме того, при дроблении концевых вихрей вблизи стенки насадки происходит удаление с поверхности металла краски и окисной пленки, вследствие чего значительно усиливается процесс электрохимической коррозии.

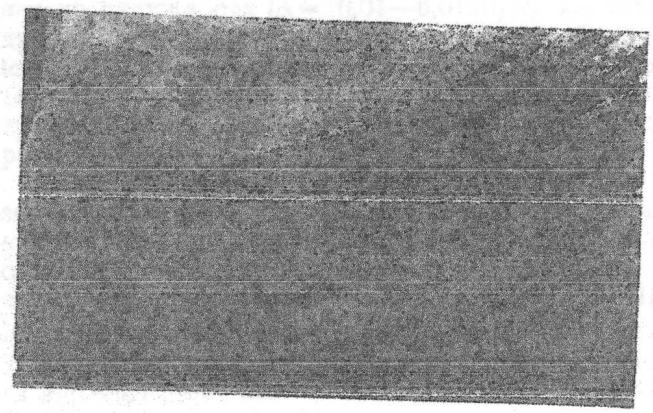


Рис. 1. Разрушение внутренней обшивки насадки, изготовленной из обычной корпусной стали, вблизи концов лопастей латунного гребного винта за два года эксплуатации.

В местах дробления кавитирующих концевых вихрей не исключено появление эрозионного разрушения насадки. Таким образом, внутренняя обшивка насадки вблизи лопастей винта из-за колебаний давления испытывает значительные переменные нагрузки и работает в не менее напряженных условиях, чем материал лопастей винта. Развитие эрозии наиболее вероятно при больших шаговых отношениях гребного винта ($H/D > 1{,}2$) и нагрузках движительного комплекса ($\sigma_к > 4$). В случае значительной неравномерности зазора между концами лопастей и стенкой насадки неравномерен и процесс образования разрушений на ее внутренней обшивке. В местах, где зазор минимален, разрушения развиваются наиболее интенсивно.

Существенное влияние на скорость коррозии обшивки оказывает движение воды, которое ускоряет процесс коррозии в несколько раз (при скорости потока 25-30 м/с – в 8-10 раз). Это происходит потому, что движущаяся вода, с одной стороны, усиливает подачу кислорода к поверхности металла, с другой, – способствует механическому удалению с его поверхности защитных пленок, образованных продуктами коррозии. Этот процесс наиболее активен при сильно турбулентном потоке, приводящем к местным разрушениям

пленки окислов с образованием активных макропар, в которых оголенный от продуктов коррозии участок является эффективным анодом.

Систематическими осмотрами установлено, что на судах, насадки которых изготовлены из обычной углеродистой стали, а гребной винт спроектирован без каких-либо мероприятий по снижению интенсивности концевых вихрей, разрушения внутренней обшивки насадки вблизи концов лопастей оказываются весьма значительными. Так, например, на первых сухогрузных судах типа «пятидесятилетие комсомола» и БМРТ типа «Пионер Латвии», спроектированных в 1965-1967 гг. и оборудованных таким движительным комплексом, средняя глубина разрушений на поясе шириной 15-20% от диаметра гребного винта в отдельных случаях достигала 4-5 мм в год.

Очевидно, что проблема предотвращения или уменьшения интенсивности разрушений материала внутренней обшивки насадки должна решаться комплексно: путем выбора материала насадок (прежде всего их внутренней обшивки), стойкого против коррозионно-эрозионных разрушений, путем разработки конструктивных мероприятий, позволяющих снизить интенсивность вихрей, сходящих с концов лопастей, и путем создания эффективных методов электрохимической защиты обшивки от коррозии.

Наиболее существенное влияние на интенсивность концевых вихрей оказывает распределение нагрузки вдоль лопасти. Чем меньше нагружены концевые сечения (при $\bar{r} > 0{,}8$) при заданном упоре гребного винта, тем ниже интенсивность вихрей. Кроме того, касание и дробление кавитирующих концевых вихрей на стенке насадки при прочих равных условиях происходит тем позднее, чем больше и равномернее зазор между концами лопастей и внутренней поверхностью насадки. Так, например, при испытаниях на швартовах двух БМРТ с одинаковыми энергетическими и движительными установками было замечено, что у траулера, на котором указанный зазор был больше и равномернее по окружности [$\Delta = (0{,}01 - 0{,}0125)\ R$], касание и дробление кавитирующих концевых вихрей на обшивке насадки начиналось при значительно (примерно в два раза) больших мощностях, чем у траулера с меньшим и более неравномерным зазором [$\Delta = (0{,}004 - 0{,}0125)\ R$].

Вместе с тем известно, что с увеличением зазора снижается КПД комплекса и тем значительнее, чем больше нагрузка на движитель. Снижается КПД комплекса и при разгрузке концевых сечений лопастей. Однако уменьшение на 10-15% шага на концевых сечениях (при $\bar{r} > 0{,}8$) по сравнению с расчетным оптимальным распределением шага вдоль радиуса винта приводит к снижению КПД не более чем на 1,5-2%.

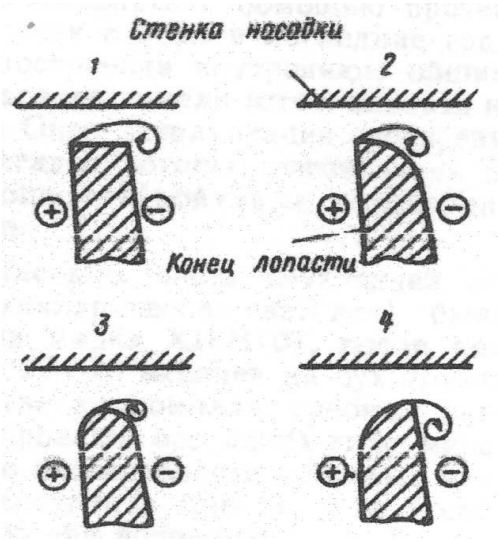


Рис. 2. Возможные варианты скругления торцевой кромки лопасти гребного винта в насадке.

1 и *2* – не рекомендуемые варианты; 3 и 4 – рекомендуемые варианты; + – нагнетающая сторона лопасти; – – засасывающая сторона лопасти.

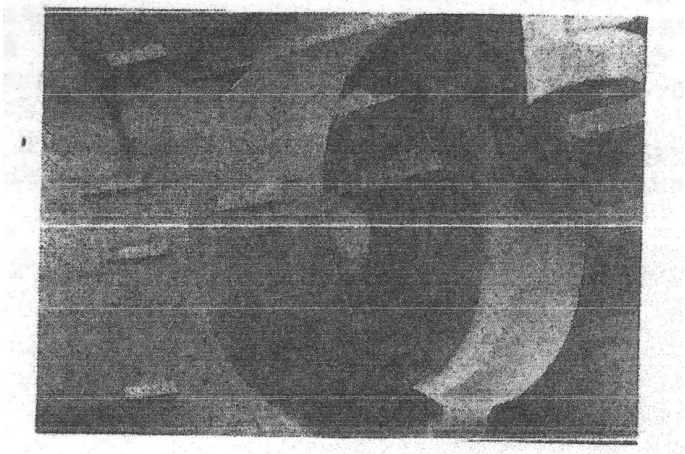


Рис. 3. Направляющая насадка с кольцом на нержавеющей стали в диске гребного винта теплохода «Брянский машиностроитель» после двух лет эксплуатации. Повреждения кольца практически отсутствуют

Некоторое влияние на расположение концевого вихря относительно лопасти и стенки насадки при прочих равных условиях оказывает геометрия конца лопасти. Наименее рациональным является плоский торец с острыми кромками или с традиционным скруглением кромки с нагнетающей стороны (рис. 2, *1* и *2* варианты). Более благоприятным является скругление или даже заострение конца лопасти с обеих сторон либо только с засасывающей стороны (рис. 2, *3* и *4* варианты). Последний вариант рекомендуется для гребных винтов с повышенными требованиями к прочности (суда внутреннего и усиленного ледового плавания).

Направляющие насадки, часть внутренней обшивки которых (цилиндрическая вставка) была изготовлена из стали марки Х18Н10Т, после эксплуатации в течение 22-26 месяцев на сухогрузах типа «Пятидесятилетие комсо-

мола», гребные винты которых спроектированы без каких-либо мероприятий по снижению интенсивности концевых вихрей, имели хорошее

Можно ожидать, что изготовление внутренней обшивки из нержавеющей стали по всей длине насадки с применением усиленных лакокрасочных покрытий в сочетании с катодной или протекторной защитой полностью предотвратит коррозионные разрушения насадок. Учитывая, что за пределами цилиндрической вставки концевой вихрь уже не вызывает значительных ударных давлений, перспективным для входного и выходного участков внутренней обшивки насадки является применение плакированной стали с толщиной плакировочного слоя 4-5 мм. Двухслойная сталь успешно применялась в ГДР и фирмой «КаМеВа» в Швеции и позволяла значительно увеличить долговечность насадок.

Для повышения долговечности направляющих насадок их внутренняя обшивка должна изготавливаться из коррозионно-стойких материалов (например, нержавеющих хромоникелевых сталей). Изготовление всей внутренней обшивки из нержавеющей стали существенно улучшит условия защиты от контактной коррозии в местах соприкосновения разнородных материалов. Перспективным является также применение для изготовления входной и выходной частей внутренней обшивки насадки плакированных сталей с толщиной слоя 4-5 мм.

Для снижения интенсивности концевых вихрей гребного винта и их вредного влияния на обшивку насадки необходимо уменьшать нагрузку (шаг) на конце лопасти, увеличивать зазор между винтом и насадкой, а также скруглять торцевые кромки лопастей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Басин А.М., Миниович И.Я. Теория и расчет судовых гребных винтов. Л., «Судостроение», 1973.

2. Богорад И.Я. и др. Коррозия и защита морских судов. Л., «Судостроение», 1973.

3. Гликман Л.А., Зобачев Ю.Е. Влияние катодной поляризации внешним током и магниевым протектором на кавитационную стойкость углеродистой стали при испытании на магнитострикционном вибраторе. – Труды ЦНИИМФ, 1956, вып. 5.

4. Лаврентьев В.М. Расчет гребных винтов. М., «Морской транспорт», 1949.

5. Русецкий А.А. Гидродинамика винтов регулируемого шага. Л., «Судостроение», 1968.

6. Фомин В.В. Гидроэрозия металлов. М., «Машиностроение», 1966.

УДК 629.5.035.5

Ермошкин Н.Г., Шаров Р.А.
Институт Военно-Морских Сил Национального университета «Одесская морская академия»

Особенности комплексной механизации и обработки гребных винтов

На предприятиях отрасли в производстве находится большая номенклатура гребных винтов, имеющая серийный или индивидуальный характер. Гребные винты классифицируются по технологическим признакам, которые влияют на выбор метода обработки наружной поверхности (рис. 1). По назначению они делятся на четыре класса: особый – для быстроходных судов со скоростью более 25 уз; высший – для морских судов со скоростью от 15 до 25 уз; средний – для судов со скоростью менее 15 уз; обычный – для плавсредств, у которых скорость не является определяющим параметром.

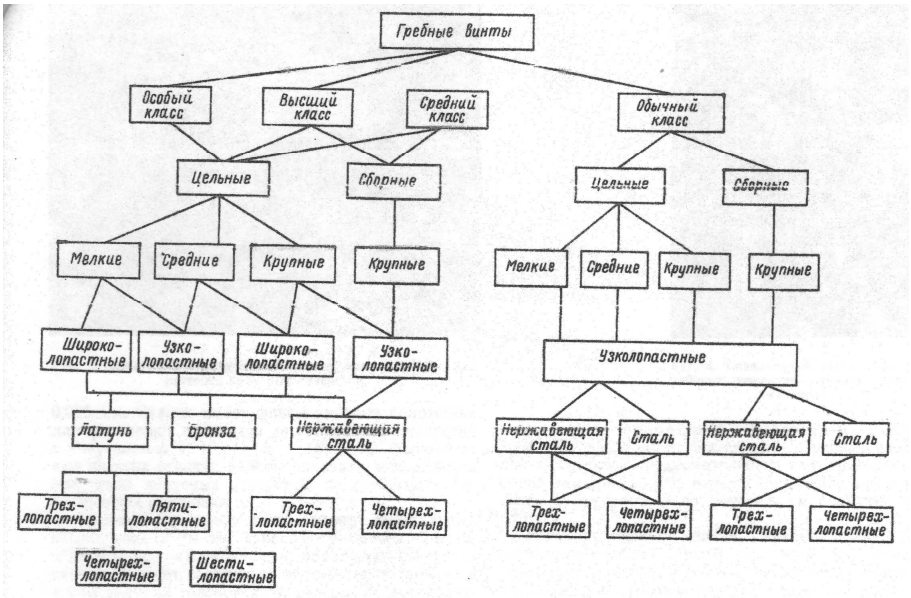


Рис. 1. Классификация металлических гребных винтов по технологическим признакам

В нашей стране созданы специальные станки моделей К.У-321 и КУ-322 (рис. 3), которые обеспечивают высокую точность и производительность обработки и лишены отмеченных выше недостатков. Станки оснащены двумя суппортами, один из которых прецизионный и предназначен только для окончательной расточки конусного отверстия. Этот суппорт оснащен цифровой индексацией, которая позволяет следить за установкой резца с точностью 0.005 мм. Станок имеет фиксированные положения для установки суппортов на обработку отверстий с конусностью 1:10; 1:12; 1: 15; 1 :20. Выполненные на этих станках работы показали возможность получения конусных отверстий, не требующих последующей шабровки.

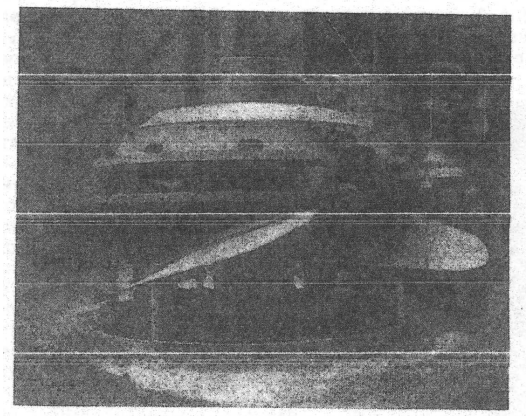


Рис. 2. Станок фирмы «Скривен» для отрезки прибыли

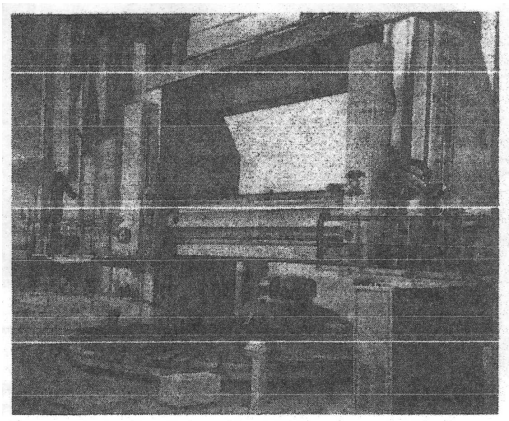


Рис. 3. Специальный карусельный станок модели КУ-322 для расточки конусних отверстий

Большой интерес представляет специальный станок модели РВ-32С (рис. 4), применяемый японской фирмой «Тосиба» для обработки отверстий ступиц. За счет оснащения целым рядом борштанг и специальных головок на этом станке производятся все работы по обработке ступиц, включая изготовление шпоночного паза к нарезанию винтовых канавок.

Шпоночные пазы винтов большого диаметра обрабатываются на долбежных станках. Недостатком этого метода обработки является возможный перекос оси шпоночного паза по отношению к оси винта и, в связи с этим, необходимость исправления положения оси путем шабровки. **Получение** точных шпоночных пазов обеспечивает шпоночнофрезерный станок модели ЛР-23. Недостатком его является потребность в сменных пинолях для каждого размера гребного винта, с помощью которых осуществляется центрирование станка при его установке на гребной винт.

Наиболее прогрессивным и производительным методом обработки шпоночных пазов с требуемой точностью является протягивание их на вертикально-протяжных станках «Фромаг» (ФРГ). Станок (рис. 5) работает в полуавтоматическом режиме.

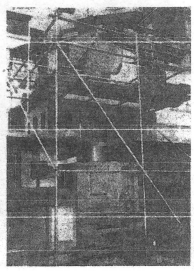


Рис. 4. Специальный станок для обработки отверстия ступицы фирмы «Тосиба»

Разметка гребных винтов. Разметка и контроль геометрии гребных винтов относится к основным операциям технологического процесса их обработки. Разметка заготовок гребных винтов производится для определения их

годности к последующей обработке, нанесения базовых точек для установки заготовки н определения припусков для механической обработки.

Эти работы делятся на три основных этапа: предварительный, при котором производится проверка заготовки и определяется возможность получения из нее гребного винта; промежуточный, обеспечивающий возможность обработки гребного винта на последующей операции; окончательный, при винта требованиям ГОСТа 8054—72.

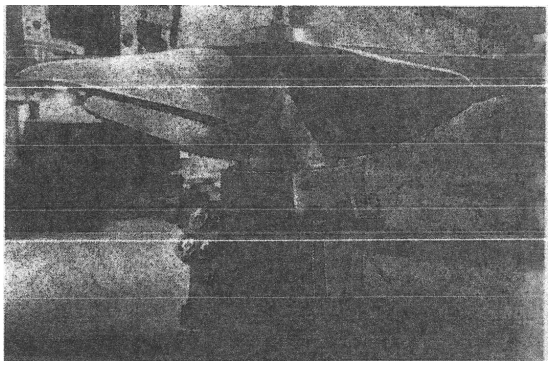


Рис. 5. Специальный станок «Фромаг» для протягивания шпоночных пазов

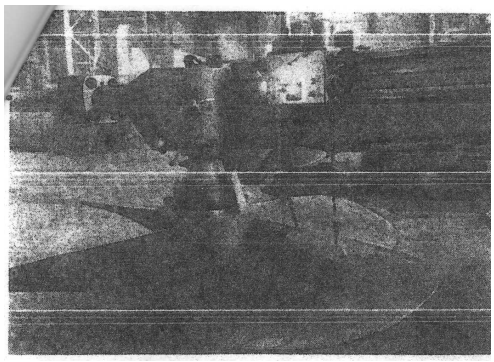


Рис. 6. Переносной шагомер фирмы «Кемпф унд Ремерс»

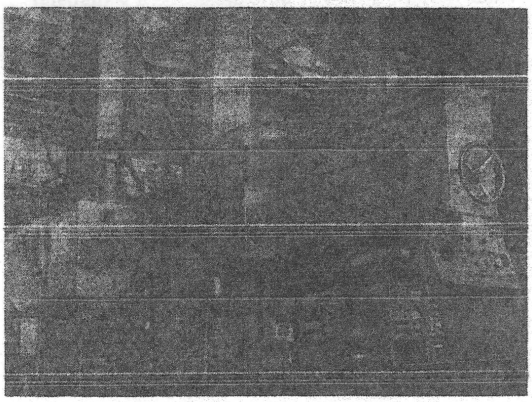


Рис. 7. Переносной шагомер модели УРКГВ-7500

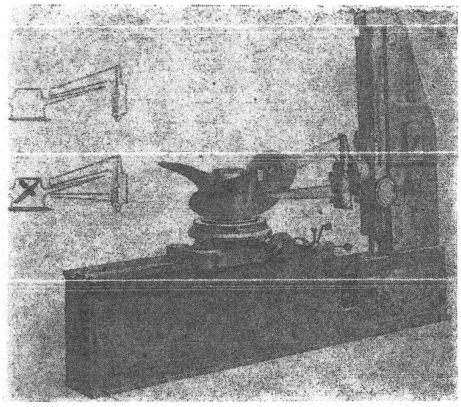


Рис. 8. Стационарный шагомер модели УРКГВ-1500

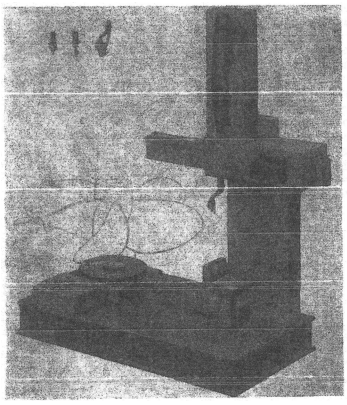


Рис. 9. Стационарный шагомер модели УРКГВ-4000

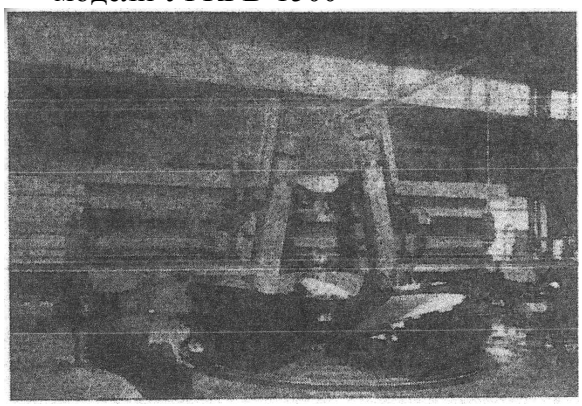


Рис. 10. Станок с программный управлением модели РВД-90А для фрезерования гребных винтов

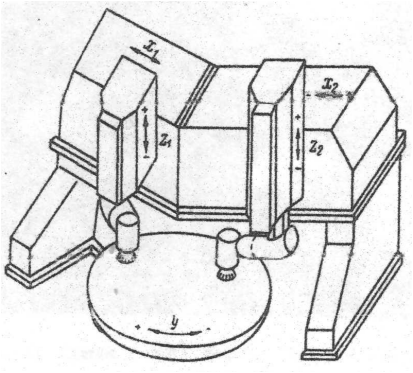


Рис. 11. Станок с ЧПУ фирмы «Мицубиси» для фрезерования гребных винтов

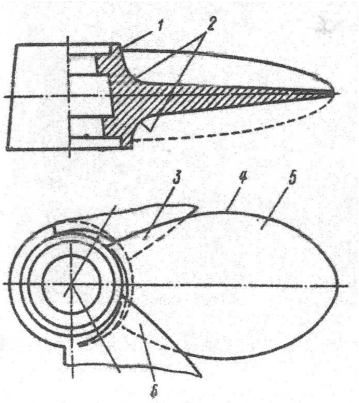


Рис. 12. Схема поверхностей гребного винта, подлежащих обработке. *I* — наружная поверхность ступицы; 2 —галтельные переходы; *3* — закрытая часть засасывающей поверхности лопасти; *4* — контур лопасти; *5* — открытая поверхность лопасти; *6* — закрытая часть нагнетающей поверхности лопасти.

Из переносных шагомеров наиболее совершенным является УРКГВ-7500 (рис. 7), управление которым производится с навесного пульта, а результаты измерения вынесены на светящиеся экраны.

Из стационарных шагомеров простым и надежным ч эксплуатации является шагомер УРКГВ-1500 (рис. 8) для разметки и контроля гребных винтов диаметром до 1,5 м. Шагомер оснащен устройством для измерения толщин, которое позволяет производить эти измерения по нормали к лопасти.

Шагомер УРКГВ-4000 (рис. 9) предназначен для разметки гребных винтов диаметром до 4000 мм, результаты измерений считываются с цифрового табло и фиксируются печатным устройством. Эксплуатация шагомеров УРКГВ-1500 и УРКГВ-4000 показала их удобство, надежность и точность работы.

Механическая обработка лопастей и наружной поверхности ступицы. Одной из самых трудоемких операций в производстве гребных винтов является обработка лопастей и наружной поверхности ступицы. Эту работу можно подразделить на две части: снятие основного припуска и шлифование наружной поверхности до получения шероховатости в соответствии с требованиями ГОСТа 8054—72. Снятие основного припуска с засасывающей и нагнетающей поверхностей лопастей производится на копировальных станках, снятие основного припуска * с галтельных переходов и ступиц производится, как правило, вручную с помощью зубил и пневмомолотков.

Первый такой станок марки РВД-90А (рис. 10) был создан фирмой «Тосиба» (Япония) для гребных винтов диаметром до 9 м. На нем при четном количестве лопастей двумя фрезерными головками обрабатываются одновременно две лопасти. Управление станком производится по программе, записанной на перфоленте. В отличие от этого станка фирма «Мицубиси» создала станок (рис. 11), на ко ом одновременно могут обрабатываться две долги антилопастного гребного винта. У этого стан- а траверса состоит из двух балок, расположенных под углом 144° друг к другу. Японские станки имеют трехкоординат-

ную систему программного управления, что не обеспечивает одинаковых условий резания на разных участках обработки лопастей. Недостатком этих станков является также невозможность обработки на них контура лопастей, галтельных переходов и наружной поверхности ступицы (рис. 12).

Наиболее совершенным из существующих станков с программным управлением является станок фирмы «Онсруд» (США) модели КТ-144-16-10 (рис. 13). На этом станке можно выполнять следующие операции: разметку отливки с определением величины припуска; обработку центрального отверстия, торцов и шпоночного паза ступицы; сверление и нарезание резьбы в торце ступицы; обработку нагнетающей и засасывающей поверхностей и контура лопастей; обработку галтельных переходов и наружной поверхности ступицы; контроль геометрии обработанного винта.

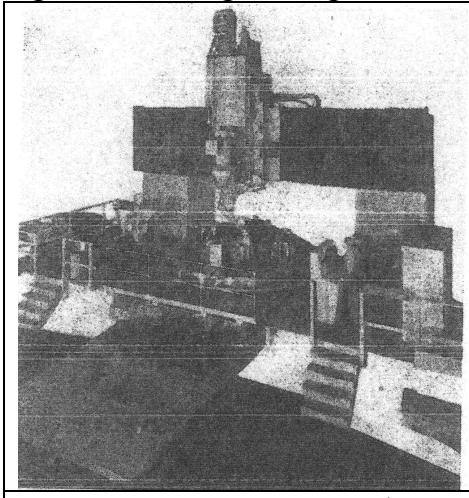


Рис. 13. Станок с ЧПУ фирмы «Онсруд» для обработки гребных винтов

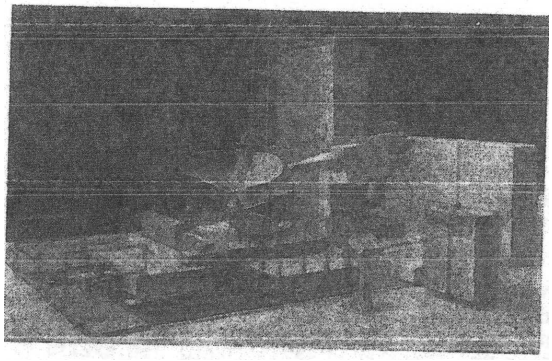


Рис. 14. Станок с ЧПУ для обработки наружной поверхности гребных винтов

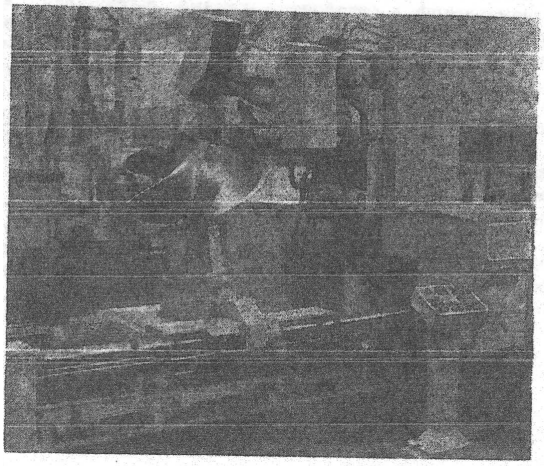


Рис. 15. Станок модели КУ-334 для шлифования лопастей гребных винтов диаметром до 1,5 м

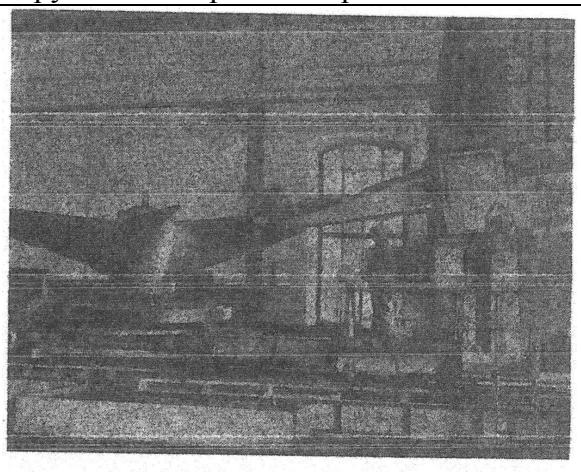


Рис. 16. Станок модели ГФ-677 для шлифования лопастей гребных винтов диаметром свыше 3 м

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кацман Ф.М. Теория судна и движители / Ф.М.Кацман, Д.В. Дорогостайский. - Л.: Судостроение. 1979. - 279 с.

2. Ваганов Г.И. Тяга судов / Г.И.Ваганов, В.Ф.Воронин, В.К.Шанчурова. - М.: Транспорт. 1986. - 199 с.
3. Ломоть В.К. Теория корабля / В.К.Ломоть, Р.В.Баранов, В.Д.Орлов, Э.Ю.Терехович. -Л.: ЛВВМИУ. 1983. - 453 с.

УДК 621.833

Ермошкин Н.Г., Бабенчук М.С.
Институт Военно-Морских Сил Национального университета «Одесская морская академия»

Влияние обкатки роликом на повышение изгибной прочности зубчатых колес

В эксплуатации находятся суда с ГТЗА и СОД, работающие на гребной винт через понижающий редуктор, в которых применяются крупногабаритные высокоточные зубчатые колеса. Для изготовления таких колес в основном используются стали марок 30Х2НВФА, 36Х2Н2МФА, 38Х2Н2МА, 38ХН3МФА после закалки и высокого отпуска, имеющие категории прочности КП50—КП80.

При поверхностном пластическом деформировании повышается прочность наружных слоев металла, и одновременно возникают остаточные сжимающие напряжения [2, 3, 4]. Степень повышения прочности, а также уровень остаточных напряжений, влияющих на усталостную прочность зубчатых колес, зависят от режима термической обработки, толщины упрочняемого слоя, исходной прочности и пластичности металла.

Целью проведенных исследований было изучение влияния обкатки впадин роликом на изгибную усталостную прочность зубчатых колес в сравнении с термической обработкой колес на категории прочности КП80—КП 120. Испытаниям подвергались цилиндрические прямозубые колеса, изготовленные из сталей 38Х2Н2МА и 38ХН3МФА с модулем зубчатого зацепления тп =6,0 мм, числом зубьев 1= = 22, шириной зубьев В —18 мм. Погрешности изготовления колес находились в пределах допусков, предусмотренных 8-й степенью точности по соответствующему стандарту. Характеристики механических свойств материала колес представлены в таблице.

Обкатка впадин зубьев выполнялась с помощью одноролико вого обкатного приспособления пружинного типа конструкции ЦНИИТмаш за два прохода со скоростью 200—350 мм/мин. Как известно, основным фактором, определяющим эффективность этого процесса, является усилие обкатки. С его увеличением эффективность обкатки возрастает. При этом, однако, следует учитывать, что значительное усилие обкатки вызывает увеличение деформации впадины зуба, что, в свою очередь, может отрицательно повлиять на точность зубчатых колес и их работоспособность.

Механические свойства материала зубчатых колес

Марка стали	Термическая обработка	°В, кгс/мм^2	°0,2, кгс/мм^2	ε, %	φ, %	$a_н$, кгс · м/см^2	НВ
38Х2Н2МА	Отжиг	73,5	35	18	34	–	217
38ХН3МФА	Закалка + отпуск на КП80	99–100	87–87,5	13–18	42–48	6,8–7,2	296–299
38ХН3МФА	Закалка + отпуск на КП120	130–132	117–120	11–11,5	51–52	6,8–7,2	389–401

В проведенных экспериментах па зубчатых колесах с категориями прочности КП40 и КП80 впадины зубьев обкатывались с усилиями от 100 до 1000 кгс. В результате установлено, что усилие обкатки 100 кгс не оказывает влияния на изгибную прочность зубчатых колес, поскольку не вызывает пластических деформаций во впадине зуба. С повышением усилий обкатки изгибная усталостная прочность зубьев возрастает сначала быстро (до усилия 250 кгс), затем более медленно, а начиная с усилий 700 кгс, ее прирост незначителен. При усилиях обкатки 700—1000 кгс наблюдались значительные деформации впадин зубьев, особенно у колес, имеющих категории прочности К.П40 и КП50. Анализ полученных результатов позволил для испытываемых зубчатых колес принять усилия обкатки, равные 250—500 кгс.

При подготовке к обкатке особое внимание уделялось конфигурации рабочей части деформирующего ролика — она была выбрана такой, чтобы при обкатке деформации подвергалась только переходная кривая впадины зуба, а дно впадины не деформировалось (рис. 1, а). Благодаря этому удалось достигнуть наибольшего упрочнения металла в опасной с точки зрения изгибных напряжений зоне и исключить излишнее приложение усилия к участку впадины, не требующему упрочнения. Обкатные ролики изготовлялись из стали ШХ15, твердость по рабочему профилю 55—60 НИС

С помощью эвольвентомера был произведен контроль изменения точности зубьев до и после обкатки и запись кривой погрешностей. Характерные эвольвентограммы профильной поверхности двух зубьев до и после обкатки представлены на рис. 3. Влияние процесса пластического деформирования впадины зуба на изменение точности зубчатого колеса должно проявляться в изменении угла наклона кривой, характеризующей точность профиля. Анализ полученных кривых показал, что угол их наклона остался неизменным. Следовательно, исходная точность зубчатых колес при принятых условиях обкатки не изменяется.

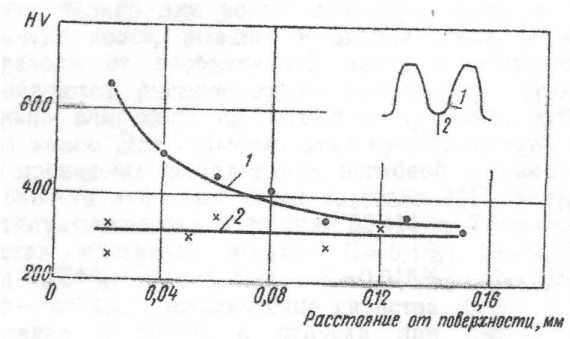


Рис. 2. Зависимость микротвердости от расстояния до поверхности металла в районе впадины между зубьями после обкатки роликом; 1 – в переходной области; 2 – по дну впадины.

Экспериментальные зубчатые колеса были подвергнуты изгибным усталостным испытаниям на резонансных машинах «Шенк» усилием 6 и 10 ЇС при асимметричном цикле нагрузки с постоянным коэффициентом асимметрии /?* =0,25. Частота нагружения составляла 2000—2600 циклов в минуту, а суммарное число циклов достигало (5—10) • 10®. При испытаниях на усталостную прочность использовались приспособления, обеспечивающие приложение нагрузки к двум зубьям исследуемого колеса в нормальном направлении. При этом один из зубьев являлся опорным и не учитывался в результатах испытаний. Приспособления обеспечивали также постоянное от начала до конца испытаний место приложения нагрузки на профиле зуба и равномерность ее распределения по длине зуба. Контроль за установкой колеса осуществлялся в начальной и конечной стадиях испытания с помощью специального оптического координатного устройства. Испытания проводились при температуре окружающего воздуха 20° С. Погрешность нагрузок не превышала ±5%.

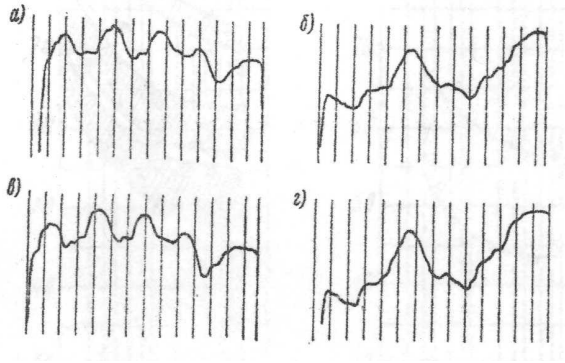


Рис. 3. Характерные эвольвентограммы профильной поверхности зубьев: а, б – до обкатки впадин; в, г – после обкатки впадин.

Максимальные местные напряжения в ножке зуба, соответствующие пределу выносливости при отнулевом (пульсирующем) цикле изменения напряжений, рассчитывались по следующим формулам:

$$\sigma_{0,3} = \frac{S_k \sigma^r \max(1 - R_\sigma)}{S_k - R_{\sigma^{\sigma_r \max}}}; \qquad (1)$$

$$\sigma_{r\max} = \frac{P}{\frac{n\max}{Bm_n Y}\cos\cos^{\alpha_d}}, \qquad (2)$$

где σ_r max — максимальные местные напряжения при асимметричном цикле, кгс/мм^2;

R_σ — коэффициент асимметрии цикла;

P_n max — максимальное значение нагрузки, кгс;

$_{B}$— ширина зуба, мм;

$_{m_n}$ — модуль зубчатого зацепления, мм;

α_d— профильный угол исходного контура, град (для испытывавшихся колес $\alpha_d = 20$ *);*

Y—коэффициент формы зуба, определяемый по методике В. Н. Кудрявцева [5], при условии приложения нагрузки на расстоянии $0{,}5\,m_n$ от вершины зуба;

S_k — истинное сопротивление разрыву материала зуба, кге/мм^2

Последняя величина определяется по результатам испытаний образцов на растяжение либо по формуле М. С. Дрозда [6] $S_k = 1{,}08\,\tau_{0,2} + 65$, которая наиболее достоверно отражает корреляционную связь между $\sigma_{0,2}$ и S_k для среднеуглеродистой конструкционной стали.

Формула (1) выведена на основе схематизированной диаграммы предельных амплитуд цикла, характеризующей зависимость между величинами средних и предельных напряжений цикла [7].

Увеличение усталостной прочности в результате обкатки более значительно по сравнению с термической обработкой и для отожженных зубчатых колес составляет примерно 20%, а для колес, подвергнутых закалке с высоким отпуском на КП60—КП80, — 33—42%- Некоторые специалисты считают, что обкатка впадин эффективна только для новых зубчатых колес, а при обкатке колес, бывших в эксплуатации, в зоне перехода от необкатанной части к обкатанной появляются растягивающие напряжения, отрицательно влияющие на изгибную прочность зубчатых колес. Для проверки этих предположений были проведены исследования изгибной усталостной прочности зубчатых колес из стали 43Н, которые эксплуатировались в течение 52414 ч. Химический состав материала колеса: С = 0,4%; Si= 0,25%; Mn—0,57%; Ni = 1,23%; S=0,015%; Р=0,01 %; Мо — следы. Механические свойства стали после закалки с 870° С и отпуска при 600° С: $\sigma_в$ — 67,6 кгс/мм^2; $\sigma_{об2}$ — 34,8 кгс/мм^2; δ — 22%; ψ — 44,9%. Образцы-рейки толщиной 15 мм вырезались перпендикулярно направлению расположения зубьев. Одна часть образцов подвергалась усталостным испытаниям сразу после вырезки из колеса, а другая — после обкатки впадин по описанной выше технологии. Как видно из рис. 4, *в,* применение обкатки позволило увеличить изгибную усталостную прочность зубчатых реек более чем на 25%. Отрицательного влияния дополнительных напряжений, появившихся в результате обкатай, в переходной зоне обнаружено не было.

Таким образом, проведенные исследования показали, что обкатка впадин зубьев роликом *существенно повышает изгибную усталостную прочность как вновь изготовленных, так и бывших в эксплуатации зубчатых колес. С точки зрения изгибной прочности обкатка более эффективна по сравнению с термической обработкой колес при повышении категории прочности.*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филимонов Г. Н., Михайлов А. В., Быковский Н. Г. Выбор материалов для шестерен и зубчатых колес судовых редукторов. — «Судостроение», 1976, № 4.

2. Ткачев В. Н,, Фиштейн В. М., Власенко В. Л., Уланов В. А. Методы повышения долговечности деталей машин. М., «Машиностроение», 1971.

3. Технологические остаточные напряжения. Под ред. А. В. Подзея, М., «Машиностроение», 1973.
4. Кораблев А. И., Решетов Д. Н. Повышение несущей способности и долговечности зубчатых передач. М., «Машиностроение», 1968.
5. Кудрявцев В. Н., Державец Ю. А., Глухарев Е. Г. Конструкции и расчет редукторов. Л., «Машиностроение», 1971.
6. Д р о з д М. С. Определение механических свойств металла без разрушения. М., «Металлургия», 1968.
7. Семенча П.В. Уточнение расчета зубчатых колес по выносливости на изгиб. — В сб.: «Проблемы качества и прочности зубчатых передач». Ч. II, М., ЦБТИ, 1961.

УДК 621.313.12-883:629.5.037

Ермошкин Н.Г., Назаренко К.В.
Институт Военно-Морских Сил Национального университета «Одесская морская академия»

Опыт эксплуатации валогенераторной установки с электромагнитной муфтой скольжения вспомогательных судов флота

Принцип действия и характеристики регулируемых валогенераторных установок (ВГУ) с электромагнитной муфтой скольжения уже рассматривались ранее. Здесь приводятся результаты дальнейших разработок в направлении промышленного создания и внедрения ВГУ, участие в которых, кроме авторов статьи, принимали Е.П. Руденко, В.А. Серёгин, П.Л. Сиверс, Р.П. Шидловский.

Опытная установка (рис.1) включает в себя клиноременную передачу 1, электромашинный агрегат, содержащий электромагнитную муфту 2, и синхронный валогенератор 3 с регулятором напряжения 4, а также регулятор возбуждения 5 муфты. В состав регулятора 5 входят три датчика 6 ($U_{\Gamma,}$, частоты f и активного тока I_a валогенератора), суммирующий усилитель 7, тиристорный усилитель 8 и перекючатель режимов 9. Кроме сигналов от этих датчиков можно использовать сигнал по частоте вращения главного двигателя. Переключатель режимов 9 обеспечивает питание регулятора 5 от аккумуляторной батареи (в период запуска установки) или по схеме самовозбуждения от валогенератора. Суммарный сигнал датчиков определяет величину тока возбуждения муфты, изменением которого регулируется её электромагнитный момент и, следовательно, частота тока валогенератора.

Указанные электромашинные агрегаты выполнены мощностью 12 и 30 кВт (таблица), а созданный для них регулятор возбуждения муфты –в виде ящика унифицированной конструкции (375х520х213 мм). ВГУ мощностью 12 кВт испытывалась при изменениях частоты вращения приводного двигателя и диапазоне 60-100% и нагрузки валогенератора в диапазоне 0-100% номинальной; при этом отклонения частоты тока от 50 Гц в статике не превышали 1%, в ди-

намике-5%. В переходных режимах (рис.2) наблюдается форсировка тока возбуждения муфты, обеспечиваемая совместным действием внешних связей по напряжению, частоте и активному току валогенератора. Наибольший провал частоты тока (с 50,2 до 48 Гц – начальная часть осциллограммы) имеет место при пуске наибольшего на судне асинхронного короткозамкнутого двигателя типа МРЗК-41-4 мощностью 3 кВт. При набросах активной статической нагрузки провалы частоты тока, соответствующие изменению тока нагрузки $I_Г$ валогенератора от 8,7 до 17,2 и 25,7 А и обратно, не превышают 1,2 Гц, сбросы нагрузки не приводят к забросам частоты более чем на 1,2 Гц. При периодических изменениях частоты вращения главного двигателя с амплитудой до 10 % и периодами 4…10 с отклонения частоты тока не превышают 2% (последний режим на рис.2 не показан).

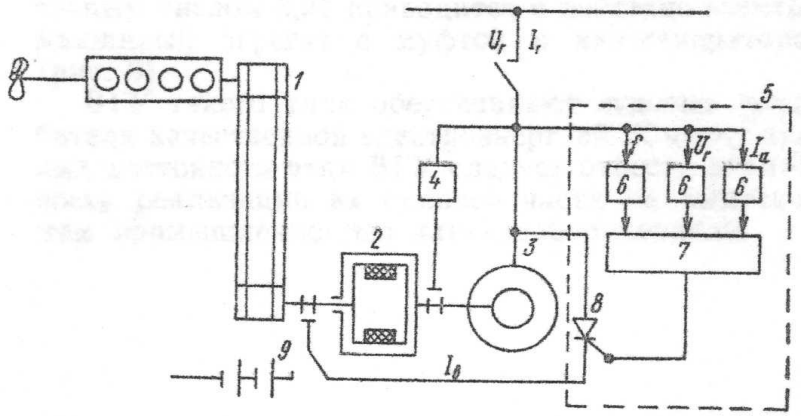


Рис.1. Структурная схема ВГУ с электромагнитной муфтой скольжения

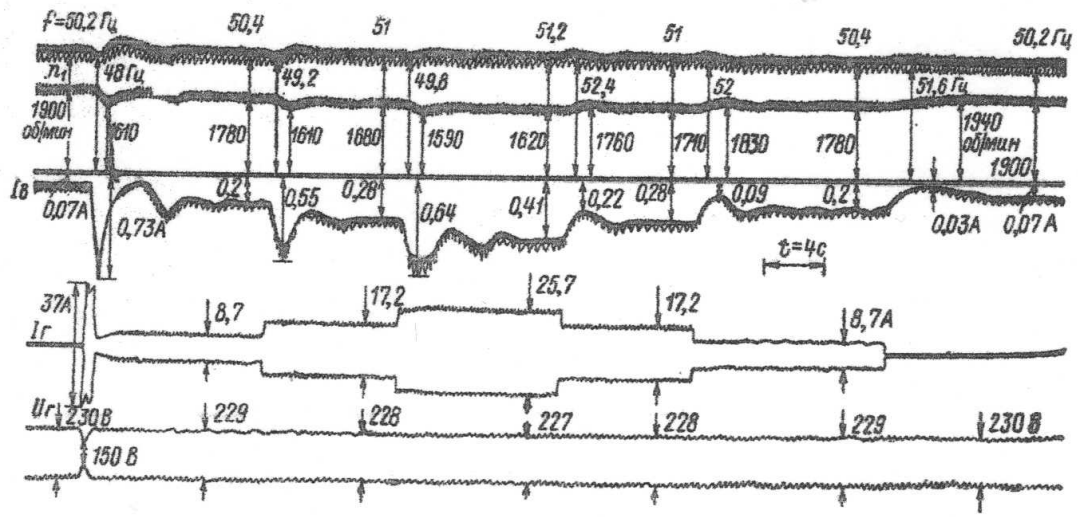


Рис.2. Переходные процессы в ВГУ при изменении валогенератора

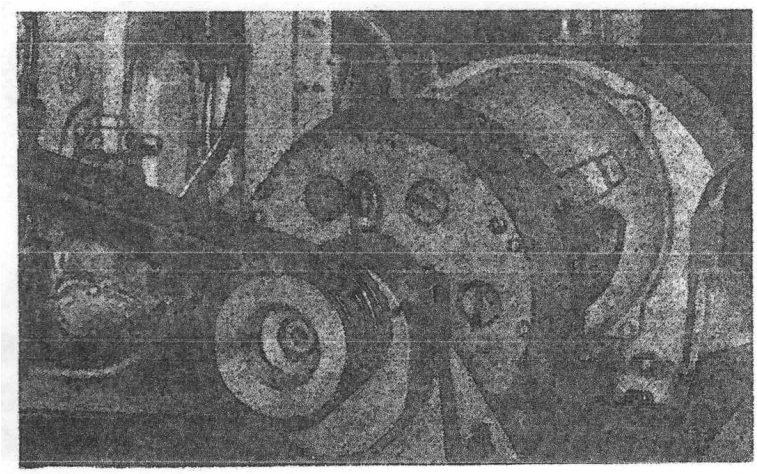


Рис.3. Общий вид электромашинного агрегата ВГУ буксира с энергетической установкой мощностью 2х150 л.с.

Массогабаритные показатели электромашинных агрегатов двух модификаций

Мощность ВГУ, кВт	Тип муфты	Тип генератора	Габариты, мм			Масса кг
			L	*B*	*H*	
12	ИМС-7,5	ЕСС-62-4 МСА-72/4А	1430 1780	469 550	469 680	450 500
30	ИМС-22	ЕСС-82-4	1730	602	850	850

Установки первой модификации с генератором типа МСА-72-4А мощностью 12 кВт уже эксплуатируются на двух буксирах. В состав энергетической установки каждого буксира входят два главных двигателя типа 6ЧСП-18/22 мощностью по 150 л.с. при 750 об/мин. Двигатели работают на винт фиксированного шага через реверс-редукторную передачу. От свободного конца вала одного из дизелей через клиноременную передачу с передаточным числом 3,21 приводится в действие электромашинный агрегат с муфтой и валогенератором (рис.3).

ВГУ такого типа обеспечивают судовые потребители качественной электроэнергией. К числу важнейших достоинств этих ВГУ следует отнести возможность реализации их силовой части на выпускаемом промышленностью электрооборудовании.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кацман Ф.М. Теория судна и движители / Ф.М.Кацман, Д.В. Дорогостайский. - Л.: Судостроение. 1979. - 279 с.

2. Ваганов Г.И. Тяга судов / Г.И.Ваганов, В.Ф.Воронин, В.К.Шанчурова. - М.: Транспорт. 1986. - 199 с.

3. Ломоть В.К. Теория корабля / В.К.Ломоть, Р.В.Баранов, В.Д.Орлов, Э.Ю.Терехович. -Л.: ЛВВМИУ. 1983. - 453 с.

УДК 629.543.064:621.56

Ермошкин Н.Г., Игатенко А.А., Попроцкий И.С.
Институт Военно-Морских Сил Национального университета «Одесская морская академия»

Повышение взрывопожаробезопасности суден, которые перевозят огненебезопасные жидкости за счёт использования холодильных машин

Учитывая, что нефтеналивной флот осуществляет рейсы в основном в южных и тропических районах плавания, необходимо повышать взрывобезопасность этих судов, а также в топливных танках на боевых кораблях ВМС во время проведения боевых операций для предотвращения взрывов и пожаров во время получения боевых повреждений.

Уменьшение взрывобезопасности танкеров занимает одно из важных мест при разработке технологического процесса перевозки нефти и нефтепродуктов. В стационарных резервуарах для сокращения выделения паров углеводородов применяют защитные покрытия из шариков и плёнок, плавающие и конические крышки, газоуравнительные системы без газосборника и с таковым [1]. Из-за специфики транспортировки нефтепродуктов морем эти методы неприемлемы в судовых условиях.

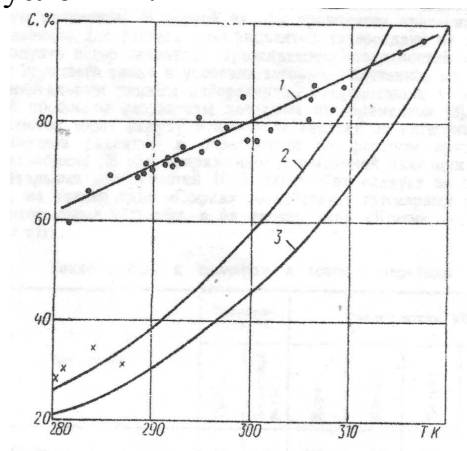


Рис.1. Насыщение атмосферы танка углеводородами при ходе в грузу (1) и равновесный газообмен и стационарной ёмкости с бензином (2) и сырой нефтью (3) [1]

Экспериментальные данные для загруженного танка; х – то же при ходе в балласте меняют защитные покрытия из шариков и плёнок, плавающие и конические крышки, газоуравнительные системы без газосборника и с таковым [1]. Из-за специфики транспортировки нефтепродуктов морем эти методы неприемлемы в судовых условиях.

Перспективным способом снижения потерь груза является применение конденсационных или сорбционных установок, которые используются на многих зарубежных нефтеперерабатывающих предприятиях [2] . Оснащение наливных судов такими средствами также представляется целесообразным, поскольку обеспечит их взрывобезопасность при проведении грузовых операций в любом порту. Уменьшения потерь можно достичь с помощью судовой холодильной установки, конденсирующей пары груза. Её применение даст возможность производить очистку инертных газов от углеводородов при гру-

зовых операциях в порту и предотвратить испарение нефти путём конденсации паров углеводородов при транспортировке груза и в балластных переходах. Наливные суда, оборудованные автономными холодильными установками, удовлетворят требованиям ИМО по пожарной защите, поскольку будут обеспечены условия взрывоопасности и защиты окружающей среды от загрязнений в любом порту. Возможности холодильних установок можно оценить после определения концентрации углеводородов в газовоздушной смеси грузовых танков и величины потер груза от испарений.

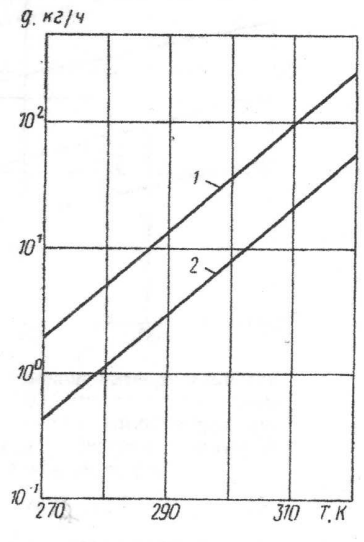


Рис. 2. Зависимость расчётного коэффициента испарения нефтепродуктов (g) от температуры газовоздушной смеси для танкеров типа «Крым» (1) и «София» (2).

Экспериментальные исследования, выполненные на танкерах типа «Крым» в рейсах с грузом сырой нефти, позволили установить, что выбросы паров углеводородов не только загрязняют окружающую среду, но создают повышенную транспортную опасность. Последнее обстоятельство объясняется постоянным тепловым и механическим взаимодействием танкера с окружающей средой. Тепловое взаимодействие можно представить в виде суммарного воздействия теплопритоков. Его результатом является изменение параметров груза и в более значительной степени –характеристик газовоздушной среды в подпалубном пространстве: т. е. температуры нефти, интенсивности испарения и выбросов паров углеводородов.

Оценка величины суммарных теплопритоков к танку была проведена для танкеров типа «София» и «Крым» по двум методикам. В первой из них приводится критериальное уравнение для расчёта коэффициентов теплоотдачи от нефтепродукта к вертикальным ограждающим поверхностям и днищу грузового танка в условиях шторма, полученное по экспериментальным данным лабораторных исследований, а во второй обобщены результаты натуральных экспериментов [3]. Теплоприток через палубу в основном зависит от интенсивности солнечной радиации и определялся по формуле лучистого теплообмена [3] при напряженности солнечной радиации горизонтальных поверхностей 1050 Вт/$м^2$. Как следует из таблицы, на танкер типа «София» воздействует суммарный теплоприток около 400 кВт, а на танкер типа «Крым» - около 750 кВт.

Теплопритоки к танкерам в течение перехода

Тип танкера	Температура, ºС		Теплопритоки, кВт			
	Груза	Забортной воды	Борт	Днище	Палуба	Суммарный
«София»	20	26	156	88	150	394
«Крым»	20	26	304	144	295	743

Определение части теплопроводников, идущих на испарение груза, было выполнено по критериальному уравнению с использованием критериев Нуссельта и Шмидта [4] при условии, что коэффициенты переноса воздуха практически идентичны соответствующим величинам для инертных газов. В связи с отсутствием данных по теплофизическим величинам сырой нефти, расчёт, моделирующий процесс её испарения, был выполнен для некоторых чистых веществ алканового ряда (пропан, гептан). Интенсивность испарения лёгких углеводородов оценивалась коэффициентом испарения, характеризующим зависимость между объёмом выделяемого газа, температурой и концентрацией углеводородов (рис.2). По его значению определялась и необходимая холодопроизводительность установки для конденсации паров углеводородов.

Расчётные значения потерь согласуются с результатами натурных исследований для танкера типа «Крым». В рейсе продолжительностью 32 сут. При средней температуре окружающей среды 20^{o} С потери от испарения составили примерно 14,5 т, что соответствует 18 кг/ч [1]. Таким образом, потери от испарения нефти за рейс для танкеров типа «Крым» и «София» при температуре 20^{o} С характеризуются величиной 0,002 кг/ (ч $м^2$), и утилизация их, по-видимому, с технико-экономических позиций нецелесообразна. Однако взрывоопасность резко возрастает, особенно при погрузке, когда за относительно короткое время в атмосферу поступает большое количество углеводородов. Коэффициент испарения при погрузке по экспериментальным данным для танкера типа «Крым» находится в пределах 0,5-1,8 кг/$м^3$, а для танкера типа «София» 0,14 -0,15 кг/$м^3$, что достаточно хорошо согласуется с опубликованными данными [1].

На рис.3 показаны результаты расчётов требуемой холодопроизводительности судовой холодильной установки, предназначенной для конденсации в период погрузки паров углеводородов, содержащихся в вытесняемых инертных газах. При расчёте время погрузки принималось равным 24 ч, а расход газовоздушной среды, поступающей в холодильную установку, на 10-15% превышал производительность грузовых насосов. В первом приближении холодопроизводительность и количество конденсата определялись по теплоте фазового перехода с учётом реального содержания паров нефтепродукта. Расчётные значения требуемой холодопроизводительности, определённые при атмосферном давлении по диаграмме «энтальпия газовоздушной смеси ***I*** – алканосодержание ***d*** » для равновесного состояния газовоздушной смеси оказались меньше, чем экспериментальные, что оправдывает сделанные допущения при оценке холодопроизводительности холодильной установки. Проведенный расчёт по равновесной диаграмме позволил оценить степень конден-

сации паров углеводородов, которая в зависимости от принятого алкана как моделирующего компонента колеблется от 90 до 95%. Таким образом, отсутствие сжатия приводит к неполной конденсации и увеличению теплообменных поверхностей. Холодильная установка с конденсацией при атмосферном давлении предпочтительней, хотя и характеризуется увеличением энергоёмкости процессов, но не требует установки на судне специальных взрывоопасных компрессоров.

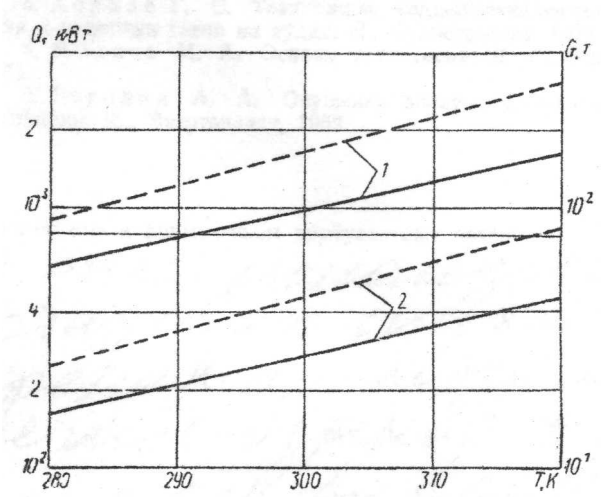


Рис.3. Зависимости холодопроизводительности холодильной установки (Q) (---------) и массы конденсата (G) (- - - - -) от температуры газовоздушной смеси при погрузке танкеров «Крым» (1) и «София»(2)

При выгрузке холодильная установка будет осушать инертные газы, влажность которых доходит до 50%, способствуя снижению коррозии системы инертных газов. Для определения холодопроизводительности установки в этом режиме была использована диаграмма «***I – d***» для охлаждённых топочных газов, и по ней определено теплосодержание и влагосодержание на входе и выходе из охладителя [5]. При этом на танкерах типа «Крым» производительность системы инертных газов принималась равной 10 300, а на танкерах типа «София» -3000 $м^3$/ч, исходная температура инертных газов-308.К, а охлаждённого газа-250К. Результаты расчёта показаны на рис.4.

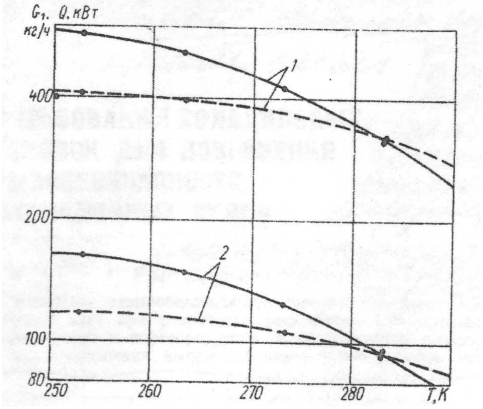


Рис.4. Зависимости холодопроизводительности установки и производительности сбора конденсата (G_1) от температуры охлаждения при выгрузке танкеров типа «Крым» и «София». Обозначения те же, что и на рис.3

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
1. Matsumara I. Evaporation Loss of Hydrocarbon in Handley Petroleum.- Bulletin of the Japan Petroleum Institute, 1974, vol.16, N 2.
2. Tamura M., Fujuke H., Uda K. Technical Development Trends of vapour Recovery System.- Chemical Economy and Engineering Review, 1976, vol. 8, N 11.
3. Хордас Г. С. Техническое кондиционирование воздуха и инертных газов на судах. Л., Судостроение, 1974.
4. Михеев М. А. Основы теплопередачи. М., Энергия, 1973.
5. Гоголин А.А. Осушение воздуха холодильными машинами. М., Энергоиздат, 1962.

УДК 656.61.052: 551.326.7

Мазур О.Н., Онищенко О.А.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Идентификация параметров модели Номото

Введение

Необходимость повышения безопасности мореплавания и эксплуатационных показателей морских суден привели к созданию различных типов авторулевых. Системы автоматического управления курсом (САУК) позволяют сократить потери ходового времени на 3-4 %, увеличить провозную способность судна и снизить расход топлива за рейс на 3-6 %. Функционирование любой САУК основывается на математической модели динамики рулевого управления судном [1-5]. Чем точнее математическая модель будет описывать реальные условия движения судна, тем более эффективную можно синтезировать САУК и тем меньше будут результирующие потери энергетии [5-8].

Компромисс между сложностью математической модели и адекватностью модели реальным физическим процессам привел к развитию упрощенных математических описаний движения судна.

IMO разработала и приняла резолюцию A.751(18), регламентирующую необходимость использования математических моделей судна при решении практических задач, лежащих в области безопасности судовождения. На нескольких Международных конференциях опытовых бассейнов рекомендованы для практического использования в авторулевых упрощенные математические модели судна - модели Номото первого и второго порядка [9-11]. Модель Номото первого порядка крайне упрощена и часто применяется для поверочных (оценочных, предварительных) расчетов.

Модель Номото второго порядка [10, 11] более эффективна на практике и описывается дифференциальным уравнением:

$$T_1 \cdot T_2(d^2\omega/dt^2) + (T_1 + T_2)(d\omega/dt) + \omega + H(\omega) = K \cdot \alpha_r + KT_3(d\alpha_r/dt), \quad (1)$$

где ω – угловая частота (скорость) судна;

$H(\omega) = \nu_1|\omega|\omega + \nu_2\omega^3$ – нелинейная функция угловой частоты;

T_1, T_2, T_3, K, ν_1, ν_2 – параметры математической модели;

α_r – угол перекладки руля.

Практическое использование такой модели (синтез управляющих контроллеров для системы стабилизации курса) крайне затруднен в связи с необходимостью знания для конкретного судна основных параметров модели (1): T_1, T_2, T_3, K, ν_1, ν_2.

Одно из простых решений этой задачи идентификации параметров уравнения (1) представлен в докладе.

Изучение известных методик идентификации параметров модели судна

Идентификации параметров различных математических моделей судна, в том числе - нелинейной модели (1) Номото, посвящено очень большое количество публикаций, например, [12-15]. Анализ указанных [12-15] и других [16, 17] публикаций показывает, что авторы исследований используют самые различные экспериментальные данные и разнообразный математический аппарат идентификации. В Резолюциях IMO A.160(ES.IV), A.209(VII), A.609(15) говорится о необходимости обеспечения каждого из суден объективными данными о его маневренных характеристиках. Именно этот факт позволяет использовать имеющиеся на каждом судне (или на судне подобного проекта) результаты испытаний, таких как установившаяся частота циркуляции и "зигзаг 10-10" или "зигзаг 20-20" [12-17].

Особенности методики оценки параметров нелинейной модели Номото второго порядка.

Пусть имеются две экспериментальные характеристики: а) статическая зависимость установившейся угловой частоты циркуляций ω в функции угла перекладки руля α_r (диаграмма управляемости, рис. 1), и б) результаты маневренного испытания "зигзаг" (рис. 2).

Из анализа уравнения (1) видно, что в статическом режиме ($d\omega/dt = 0$) можно записать уравнение $\nu_1|\omega_i|\omega_i + \nu_2\omega_i^3 + \omega = K\cdot\alpha_{ri}$, и для положительной циркуляции (рис. 1) получить выражение:

$$\nu_2\omega_i^3 + \nu_1\omega_i^2 + \omega = K\cdot\alpha_{ri}\,. \qquad (2)$$

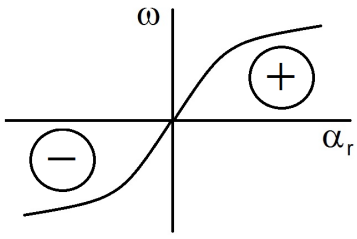


Рис.1. Диаграмма управляемости

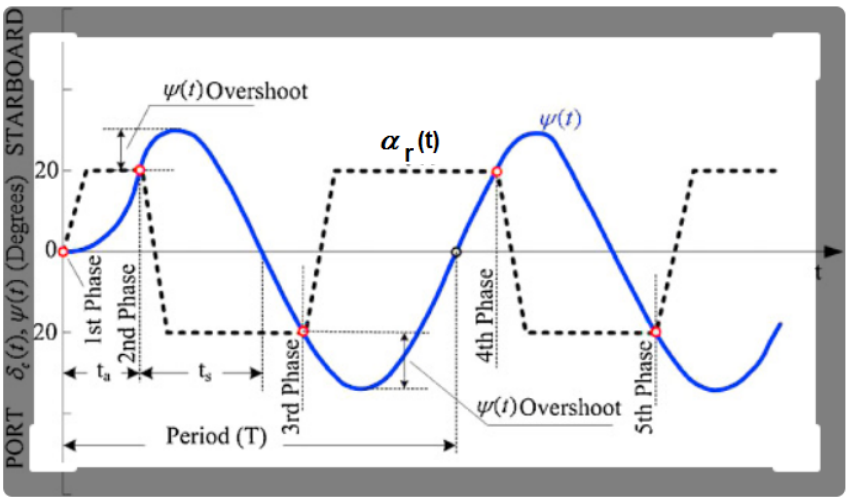


Рис. 2. Диаграмма "зигзаг"

Разделив выражение (2) на произведение ($\omega_i\cdot K$), получим:

$$\nu_2\omega_i^2/K + \nu_1\omega_i/K + 1/K = \alpha_{ri}/\omega_i. \qquad (3)$$

Подставив в (3) несколько различных значения частоты ω_i для соответствующих углов перекладки руля, например, 2, 4, 6, ..., 30 градусов, получим систему из *n*-линейных алгебраических уравнений с тремя неизвестными ν_2/K, ν_1/K и $1/K$, причем $n > 3$. Это переопределённая, избыточная, система (RF - Redefined System или OS - Overdetermined System) и она решается методом Лагранжа. Таким образом мы находим три неизвестных параметра уравнения (1) - K, ν_1, ν_2. Анализируя вид экспериментальной зависимости "зигзаг" (рис. 2) - зависимость курсового угла ψ в функции угла перекладки руля α_r, можно заметить, что для установившегося режима обе зависимости нелинейны, периодичны и практически симметричны относительно оси времени.

Используем для идентификации трех постоянных времени метод разложения в ряд Фурье входного α_r и выходного ψ сигналов. Для этого назначим главный период $T = 1/\omega_1$, исходя из графика, приведенного на рис. 2. Ограничимся тремя первыми нечетными гармониками разложения. В результате разложения в ряды получим для входного сигнала три гармоники. Каждая из гармоник будет характеризоваться амплитудой A_{1r}, A_{3r} и A_{5r}, а также фазой φ_{1r}, φ_{3r}, и φ_{5r}. По аналогии, в результате разложения получаем для выходного сигнала значения: амплитуды $B_{1\Psi}$, $B_{2\Psi}$, $B_{5\Psi}$ и фазы - $\varphi_{1\Psi}$, $\varphi_{2\Psi}$, $\varphi_{5\Psi}$. Комплексные значения коэффициентов передачи для каждой гармоники можно записать в виде отношений выходного к входному сигналу:

$$\left.\begin{aligned} K_1 \cdot e^{j\alpha_1} &= \frac{B_{1\Psi}}{A_{1r}} \cdot e^{j(\phi_{1\Psi} - \phi_{1r})}; \\ K_3 \cdot e^{j\alpha_3} &= \frac{B_{3\Psi}}{A_{3r}} \cdot e^{j(\phi_{3\Psi} - \phi_{3r})}; \\ K_5 \cdot e^{j\alpha_5} &= \frac{B_{5\Psi}}{A_{5r}} \cdot e^{j(\phi_{5\Psi} - \phi_{5r})}. \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

Для режима малых отклонений можно пренебречь в (1) нелинейным членом $H(\omega)$. Тогда получим:

$$T_1 \cdot T_2(d^2\omega/dt^2) + (T_1 + T_2)(d\omega/dt) + \omega = K \cdot \alpha_r + KT_3(d\alpha_r/dt). \qquad (5)$$

Передаточная функция, соответствующая выражению (5), будет иметь вид:

$$W(s) = \frac{\omega(s)}{\alpha_r(s)} = \frac{(T_3 s + 1)}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)}. \qquad (6)$$

После перехода в частотную область, несложно записать из (4) и (6) систему из трех уравнений с тремя неизвестными T_1, T_2 и T_3:

$$\left.\begin{aligned} W_1(j\omega) &= \frac{(T_3 j\omega_1 + 1)}{(T_1 j\omega_1 + 1)(T_2 j\omega_1 + 1)} = K_1 \cdot e^{j\alpha_1}; \\ W_3(j\omega) &= \frac{(T_3 j3\omega_1 + 1)}{(T_1 j3\omega_1 + 1)(T_2 j3\omega_1 + 1)} = K_3 \cdot e^{j\alpha_3}; \\ W_5(j\omega) &= \frac{(T_3 j5\omega_1 + 1)}{(T_1 j5\omega_1 + 1)(T_5 j5\omega_1 + 1)} = K_5 \cdot e^{j\alpha_5}. \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

Такая система (7) легко решается современными вычислительными средствами. Например, в среде Matlab решение системы уравнений (7) осуществ-

ляется командой [T1, T2, T3] = *solve* (...) и в результате находятся искомые значения T_1, T_2 и T_3.

Верификация результатов идентификации проведена на основе данных многоцелевого судна двойного назначения ледового типа. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1. Идентифицированные параметры

K	ν_1	ν_2	T_1	T_2	T_3
0,031	$-1{,}7\cdot10^{-3}$	$-6{,}1\cdot10^{-4}$	31	15	5

Для построения математической модели, позволяющей провести верификацию результатов идентификации параметров выражения (1) использованы средства Matlab/Simulink. Сопоставление результатов показано на рис. 3.

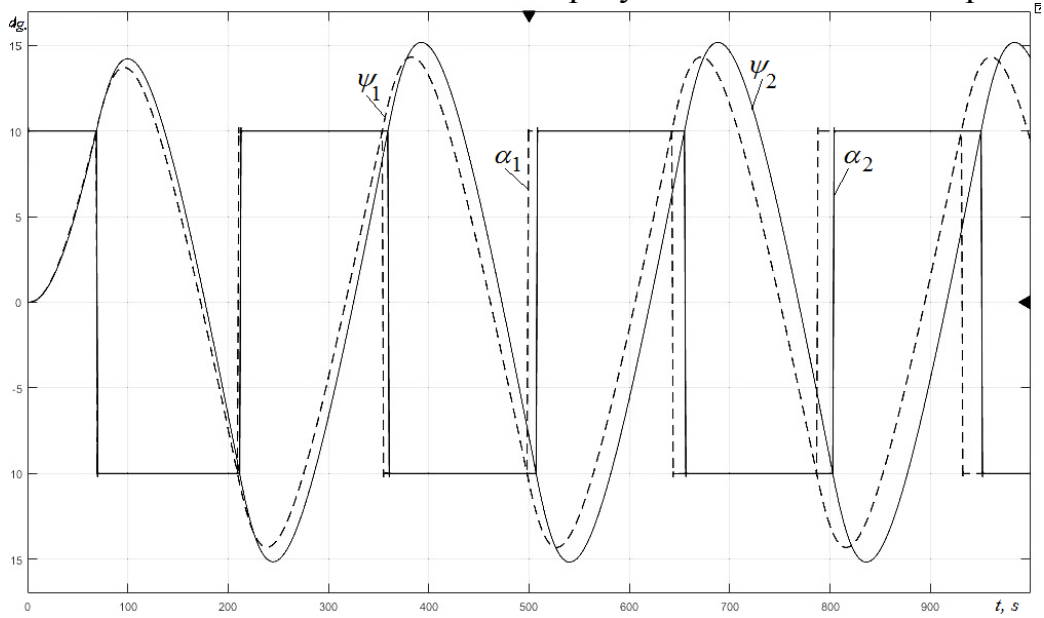


Рис. 3. Верификация результатов моделирования маневренного испытания "зигзаг": 1 - эксперимент, 2 - модель

Скорость нарастания изменения поворота рулевой машины составила 3 град/с. На рис. 3 приведены результаты верификации экспериментальной и идентифицированной модели испытания "зигзаг 10-10". На рис. 3 пунктирной линией (индекс 1) показаны данные эксперимента, сплошной линией (индекс 2) - данные моделирования.

Выводы и обсуждение результатов

Предложенная в статье методика расчета и совокупность формул (3), (4) и (7) позволяет несложным способом обработать данные по диаграмме управляемости судна и маневру вида "зигзаг". Последующая обработка: а) методом решения переопределенной системы уравнений, построенной на основе выражения (3); б) использование Фурье-разложения данных, полученных из маневренных испытаний "зигзаг"; в) решение системы уравнений типовыми математическими средствами (Matlab, Mathcad или иными), позволяет достаточно быстро найти неизвестные коэффициенты модели (1) управления судном.

Следует отметить, что использование методики требует тщательного проведения самых маневра, достоверных измерений амплитуды, периода и фазы для получения надежных результатов. От качества проведения натурных экс-

периментов или качества аналогичных экспериментов с моделями судна (виртуальными или физическим - в опытовых бассейнах) сильно зависит конечный результат идентификации параметров уравнения (1) Номото.

Можно считать, что достаточно провести одно испытание установившейся циркуляции и одно испытание "зигзаг", что сокращает необходимое количество исходных данных.

Предложенный подход к решению задач идентификации параметров уравнения Номото подтвержден моделированием. При моделировании, с учетом весьма малого числа параметров, такой подход способствует получению достаточно точных результатов. Этой точности вполне достаточно для практического применения - при синтезе и настройке регулятора системы управления судном на курсу. При этом необходимо учитывать, что область использования рассмотренной методики имеет определённые ограничения, т.е. она может быть использована для исследования "слабых" манёвров.

Кроме того, необходимо учитывать, что параметры модели (1) зависят от скорости судна. Представленная в работе методика расчёта параметров математической модели судна с использованием результатов натурного эксперимента, позволяет рекомендовать ее для идентификации параметров математических моделей различных типов судов. Дальнейшие исследования необходимо проводить для практической реализации методики (синтез контроллера) в адаптивном авторулевом.

Авторы признательны профессору В. Ф. Миргороду (г. Одесса, Украина) за ценные замечания и рекомендации, оказанные при написании статьи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fossen, T. I. and O. N. Smogeli. Nonlinear Time-Domain Strip Theory Formulation for Low-Speed Manoeuvring and Station-Keeping, Modelling, Identification and Control, MIC-25(4):201:221, 2004.

2. Fossen, T. I. A Nonlinear Unified State-Space Model for Ship Manoeuvring and Control in a Seaway, Journal of Bifurcation and Chaos, September 2005. (Plenary Talk ENOC'05, Eindhoven, The Netherlands).

3. Perez, T. and T. I. Fossen. Kinematic Models for Sea-keeping and Manoeuvring of Marine Vessels. Modelling, Identification and Control, MIC-28(1):1-12, 2007.

4. Perez, T. and T. I. Fossen. Time-Domain Models of Marine Surface Vessels for Simulation and Control Design Based on Sea-keeping Computations (Plenary Talk). Proc. of the IFAC MCMC'06, Lisbon, Portugal, September 20-22, 2006.

5. Будашко, В. В. Математические основы имитационного моделирования системы управления энергетической установкой бурового судна [Текст] / В. В. Будашко, О. А. Онищенко // Вестник Камчатского государственного технического университета. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. – 2014. – Вып. 29. – С. 6–13. Режим доступу: \WWW/ URL: http://elibrary.ru/item.asp?id=22822710.

6. Будашко, В. В. Удосконалення системи управління підрулюючим пристроєм комбінованого пропульсивного комплексу / 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.
7. Sutulo, S., and Guedes Soares, C., 2011, “Mathematical Models for Simulation of Manoeuvring Performance of Ships,” Marine Technology and Engineering, G. Soares, C. Garbatov, Y. Fonseca, and A. P. Teixeira, eds., Taylor & Francis Group, London, pp. 661–698.
8. Будашко, В. В. Физическое моделирование многофункционального пропульсивного комплекса / 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.
9. The Manoeuvring Committee, 2005, “Final Report and Recommendations to the 24th ITTC,” Vol. 1, UK, pp. 137–198.
10. Nomoto K. and Norrbin N. A review of methods of defining and measuring the manoeuvrability of ships. ITTC, Manoeuvrability Committee Report, 1969.
11. Nomoto K., Taguchi T. and Hirano S. On the steering qualities of ship. International Shipbuilding Progress, v.4, N 35, p.56-64, 1957.
11. Yongbing Chen, Yexin Song, Mianyun Chen, (2010) "Parameters identification for ship motion model based on particle swarm optimization", Kybernetes, Vol. 39 Issue: 6, pp.871-880, https://doi.org/10.1108/03684921011046636.
12. Ma, F. C., and Tong, S. H., 2003, “Real-Time Parameters Identification of Ship Dynamic Using the Extended Kalman Filter and the Second Order Filter,” 2003 IEEE Conference on Control Applications, Vol. 2, pp. 1245–1250.
13. Casado, M. H., Ferreiro, R., and Velasco, F. J., 2007, “Identification of Nonlinear Ship Model Parameters Based on the Turning Circle Test,” J. Ship Res., 51(2), pp. 174–181.
14. Sheng, L., Jia, S., Bing, L., and Gao-Yun, L., 2008, “Identification of Ship Steering Dynamics Based on ACA-SVR,” 2008 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, pp. 514–519.
15. С.А. Агарков, С.В. Пашенцев. Параметрическая идентификация обобщенной модели Номото с помощью аппарата вариационного исчисления / Вестник МГТУ, том 18, № 1, 2015, стр. 7-11.
16. Пашенцев С.В. Параметрическая идентификация маневренных характеристик по результатам натурных испытаний вида "Зигзаг" в нелинейной модели управляемости судна / Вестник МГТУ, том 13, №4/1, 2010, стр. 730-735.
17. J. M. J. Journée, "A simple method for determining the manoeuvring indices K and T from zigzag trial data", "Report 267, Delft University of Technology, Ship Hydromechanics Laboratory, 1970.
18. Stevens, Scott A. "System Analysis - Rank and Nullity". Math 220 - Matrices Handouts. Pennsylvania State University. Retrieved 3 April 2017.
19. Anton, Howard; Rorres,, Chris (2005). Elementary Linear Algebra (9th ed.). John Wiley and Sons, Inc. ISBN 978-0-471-66959-3.

20. Golnaraghi F., Kuo B. C. Automatic Control Systems. Wiley. 2010. 786 p. Internet access:
http://pweb.yazduni.ac.ir/engineering/mech/bozorg/courses/courses.htm.

УДК 681.587.72:004,3'144:621.4(045)

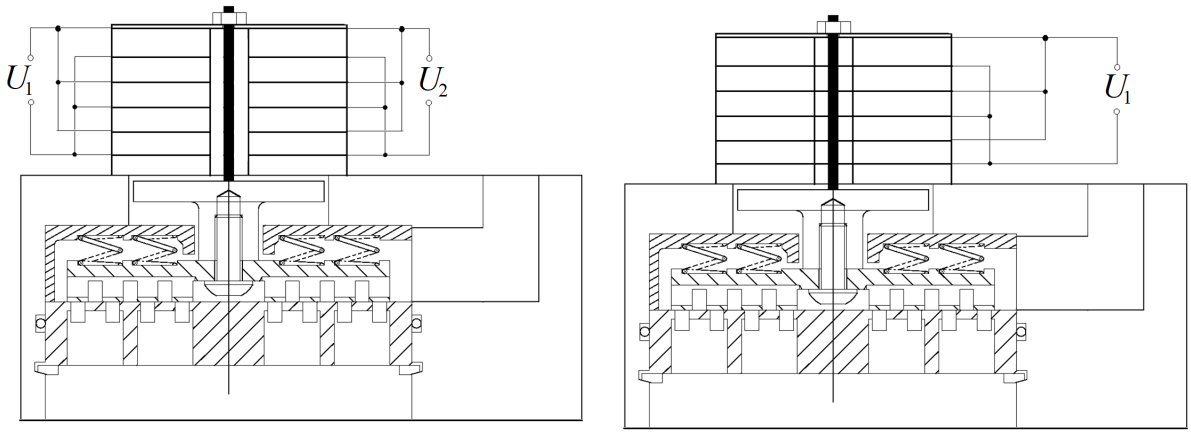
Лысенко В.Е., Никольский В.В.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Модель клапана подачи газа с пьезоэлектрическим актуатором

Эксплуатация впускных газовых клапанов (GAV) фирмы Woodward сопровождается недостатками, обусловленными использованием электромагнитного привода.

В [1] предложено использование реверсивного линейного пьезоэлектрического двигателя [2] для перемещения клапана. Однако, основным недостатком такой конструкции, как и её преимуществом, является отсутствие пружин. С одной стороны, уходит влияние изменения свойств пружин, а с другой – невозможно обеспечить отсекание газа при обестачивании судна или отказе системы управления двигателем. В [3] приводятся результаты исследований, направленных на замену электромагнитного привода гидравлическим приводом с разными конфигурациями.

Нами предлагается другой вариант усовершенствования клапана путем замены электромагнитной системы на пьезоэлектрический актуатор из одного (рис. 1, а) и двух наборных столбов (рис. 1, б). Для того, чтобы оценить возможность использования данного типа привода, воспользуемся математическим аппаратом [4, 5]. Исходные данные для расчета: развиваемое усилие привода – 100 Н; быстродействие - ≥ 20 мс; перемещение клапана - 0,4 мм.



а) б)

Рис. 1. Клапан подачи газа с наборным столбом пьезоэлектрических шайб: а – с одним столбом, б – с двумя столбами

Предложенные конструкции являются идеальными с точки зрения процессов, протекающих в наборном столбе, т.к. блок пружин создает предварительное нагружение пьезоактуатора, что позволяет компенсировать и гистерезис и “ползучесть” пьезокерамики.

Однако, для определения размеров актуатора необходимо провести моделирование процессов в нем. В [3] приводятся данные исследований, согласно которых при одинаковом развиваемом усилии, размеры пьезоэлектрических актуаторов из наборных столбов меньше в 3-5 раз по сравнению с размерами электромагнитных приводов.

Для создания модели воспользуемся третьим законом Ньютона. Для сил, действующих на столб, справедливо следующее условие равновесия [1]:

$$\overline{F}_y = \overline{F}_э + \overline{F}_c + \overline{F}_д + \overline{F}_{дин},$$

где $F_у$ - усилие упругой деформации, Н; $F_э$ – усилие в пьезоэлементе, вызванное приложенным электрическим полем, Н; $F_с$ – статическое усилие, приложенное к столбу со стороны клапана с пружинами, Н; $F_д$ – демпфирующее усилие в пьезоэлементе, Н; $F_{дин}$ – динамическое усилие в пьезоэлементе, Н.

При построении модели необходимо учитывать, что в случае использования одного пьезоэлемента толщиной до 1 мм используется метод конечных элементов, а при построении модели пьезорезонатора с толщиной более 1 мм используется волновая теория.

Поэтому дальнейшие исследования будут направлены на выявление оптимальных размеров актуатора для требуемых условий эксплуатации клапана подачи газа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нікольський М.В. Нікольський В.В., Лисенко В.Є. Клапан подачі газу з пєзоприводом. Заява U2017 08811 від 30.08.2017.
2. Лавриненко В.В., Коваль В.С., Петренко С.Ф., Лукін В.В., Франченко Р.В. Патент на винахід № 76759 України, МПК(2006) H02N 2/00 Пєзоелектричний двигун. - № 20040110441; Заявл. 18.12.2003; Опубл. 15.09.2006, Бюл. № 9.
3. JUSSI PEURALA Model-based design, modelling and simulation of digital hydraulic GAS admission valve / Master of Science Thesis, 132 pages, 12 Appendix pages May 2014, https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/22251/peurala.pdf; sequence=1
4. Никольский Алексей Анатольевич. Точные двухканальные следящие электроприводы с пьезокомпенсаторами [Текст]: монография / А.А. Никольский. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 160 с. – ISBN5-283-00504-6.
5. Никольский В.В. Основи створення пристроїв п'єзоактивної механіки для систем керування двигунами внутрішнього згоряння: Дис. ... док.. техн. наук: 05.13.05. - Одесса, 2005. - 230 с.

УДК 681.2.082: 681.586.773: 532.133: 532.137

Бережний К.Ю., Нікольський В.В.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Інформаційна модель системи визначення реологічних характеристик суднових технічних рідин

Важке паливо та мастило, які застосовують в суднових дизелях, відносяться до тиксотропних рідин. В [1] запропонована система визначення реологіч-

них властивостей для лабораторних досліджень, до складу якої входять вимірювальний зонд на співвісних циліндрах з приводом на реверсивному лінійному п'єзоелектричному двигуні (ЛПД). Для візуального представлення елементів системи та процесів, які в ній відбуваються, технологій та взаємозв'язків з різними системами передачі інформації від контролеру до людини - оператора, нами побудована UML - діаграма (рис.1).

На рис. 2 наведена інформаційна модель програмного забезпечення контролеру зі складу UML - діаграми, в якій зображені взаємозв'язки з зовнішніми пристроями (датчиками переміщення рухомої частини ЛПД та температури рідини, виконавчими механізмами – ЛПД та підігрівачем рідини) та внутрішні зв'язки між функціональними блоками.

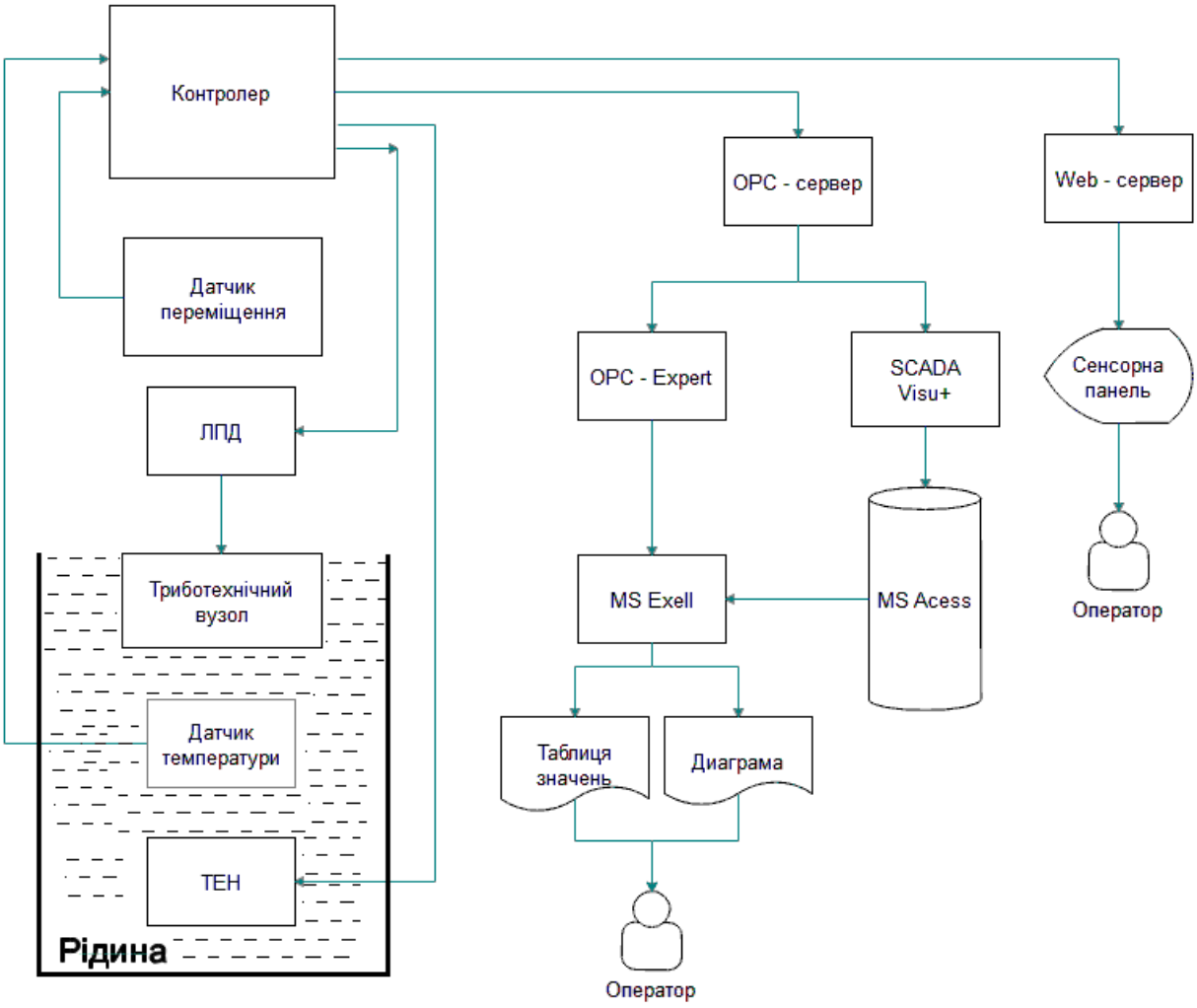


Рис.1. UML - діаграма комп'ютерної системи визначення реологічних характеристик

Отримана інформаційна модель дозволяє створити програмне забезпечення комп'ютерної системи визначення реологічних властивостей суднових технічних рідин на будь якій мові [2], які входять до стандарту Міжнародної електротехнічної комісії 61131-3, прийнятого в 2012 році, а також застосувати любі наявні контролери провідних фірм.

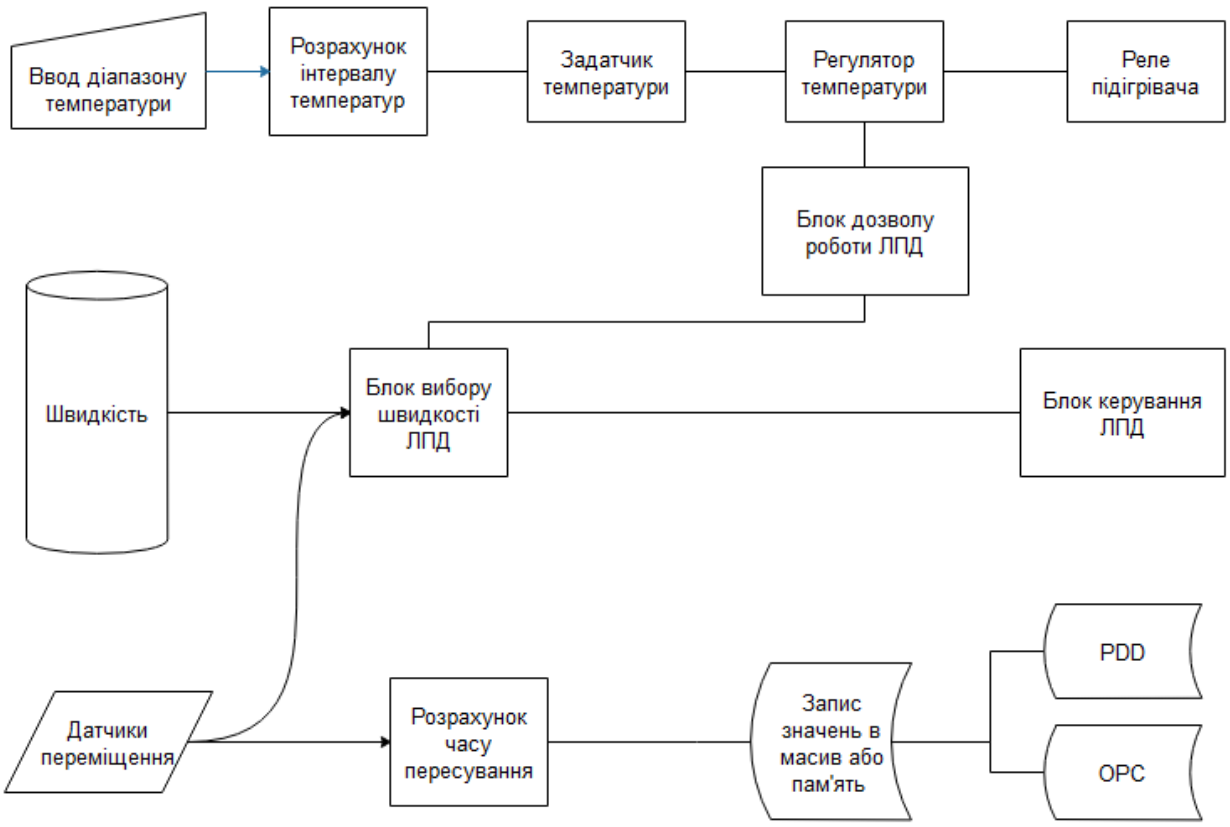


Рис. 2. Інформаційна модель процесів, які відбуваються у контролері

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никольский М. В. Пьезоэлектрический Вискозиметр / М.В. Никольский, К.Ю. Бережной // Наукові праці ЧДУ ім. Петра Могили. – Серія: “Комп’ютерні технології”. – Вип. 275. – Т. 287. – Миколаїв, 2016. – С. 60–63.

2. Нікольський М.В., Бережний К.Ю. Програмне забезпечення для визначення реологічних характеристик суднових технічних рідин // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2017. – Вып. 23. Одесса: НУ "ОМА". – С. 70 – 76.

УДК 37(075.8)

Колегаев М.А.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Повышение эффективности при обучении ситуационными методами.

Ситуационные методы обучения нашли широкое распространение в практике преподавания среди многих отечественных и западных вузов. Познавательная деятельность при обучении морским дисциплинам имеет свои специфические особенности, заключающиеся в наиболее приближенном к действительности, максимально нацеленном на конкретный результат, изучении реальных процессов, происходящих на практике, в изучении форм проявления этих процессов и реализации полученных результатов в виде принятия определенного решения. Именно таким целям должны соответствовать и методы обучения курсантов и студентов, среди которых мы выделяем, прежде всего, ситуационные методы обучения.

Часто подобные методы обучения именуют кейс-методами, которые представляют собой рассмотрение практической ситуации либо реальной управленческой проблеме, возникшей в производственном процессе у руководителя какого-либо структурного подразделения и которая предполагает принятия соответствующего управленческого и технического решения. Поэтому ситуационные методы обучения строятся на достаточно подробном изложении производственной ситуации, а форма изложения предполагает детальное описание условий возникновения производственной ситуации, форм ее проявления, протекания во времени и, безусловно, ее значимости для дальнейшей производственной деятельности.

В подобной ситуации курсант как бы переносится за пределы учебной аудитории, перестает быть отчужденным от возникшей производственной проблемы, понимает всю сущность и важность решаемых вопросов, направленных на конечную, абсолютно конкретную цель.

Важным обстоятельством при использовании ситуационных методов, является творческое начало в процессе обучения. Курсанты не имея правильного, заранее запрограммированного ответа в решении поставленных задач, вынуждены самостоятельно, проявляя инициативу и настойчивость, искать правильное решение, тем самым учатся логически мыслить, приобретают навыки самостоятельной работы, начинают понимать и подвергаются строгой критике за принятое ими решение. Именно неоднозначность принимаемых решений заставляет глубоко задумываться над сущностью изучаемых процессов, всестороннему их рассмотрению, поиску положительных и отрицательных сторон принятого решения, а главное, учатся работать в коллективе, а коллективная работа в творческих ситуационных группах стимулирует к обмену мыслями, обсуждениям и игровому взаимодействию при обмене идеями (Рис.1)

Рис.1. Формы, методы и технолгии обучения.

Несомненный плюс метода ситуационного обучения в том, что он позволяет преодолеть сухость изложения материала, позволяет развивать аналитическое мышление обучающихся, учит работать с информацией, побуждает к самостоятельной выработке решений, стимулирует к поисковой деятельности.

Анализ конкретной ситуации является одним из наиболее эффективных и распространенных методов организации познавательной деятельности и предполагает анализ слушателями предложенной ситуации, возникающей при конкретном положении дел, и выработке практического решения. Ситуация - это совокупность фактов и данных, определяющих то или иное явление, имеющее место в практике. Ситуации по их назначению в учебном процессе могут быть различные: ситуация-проблема, ситуация-иллюстрация, ситуация-оценка, ситуация-упражение. Каждая ситуация предполагает свое развитие. Если это ситуация-проблема, которая представляет собой определенное сочетание фактов из реальной жизни, то участники являются действующими лицами, пытающимися найти решение или прийти к выводу о его невозможности. Ситуация-иллюстрация - это пример, поясняющий какую-либо сложную процедуру, относящуюся к основной теме и заданную преподавателем. Ситуация-оценка описывает положение, выход из которого в определенном смысле уже найден. Проводится критический анализ ранее принятых решений. Дается мотивированное заключение по поводу происшедшего события. Ситуация-упражнение предусматривает применение уже принятых ранее положений и предполагает очевидные и бесспорные решения поставленных проблем. Данные ситуации могут развивать определенные навыки (умения) обучающихся в обработке или

обнаружении данных, относящихся к исследуемой проблеме, помогают приобрести опыт.

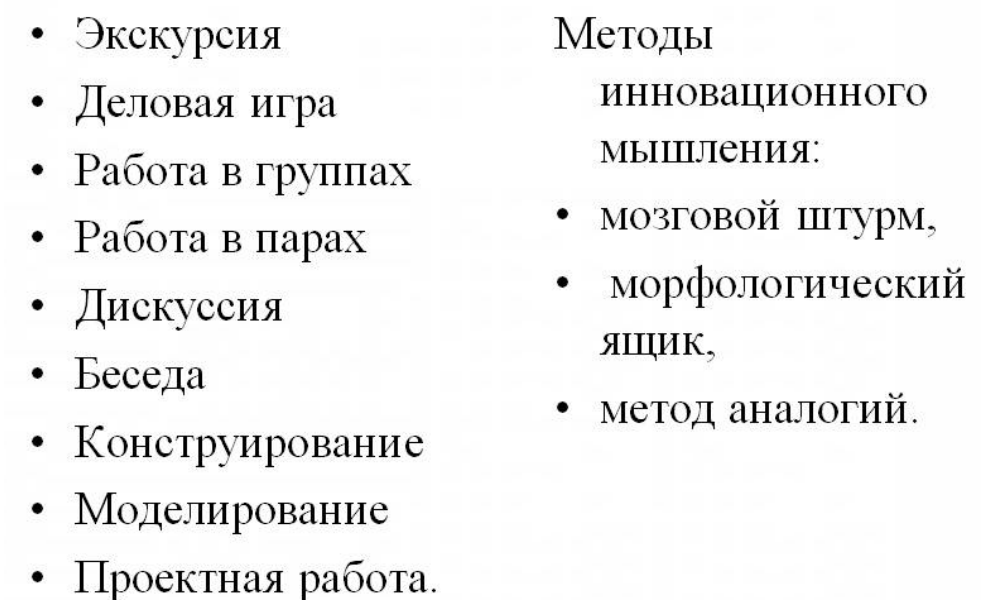


Рис.2. Разновидности ситуационных методов.

Есть разные методы работы анализа конкретных ситуаций. Например, ролевое разыгрывание конкретной ситуации, представленной преподавателем и изученной обучаемыми заранее или коллективное обсуждение конкретной ситуации, предложенной преподавателем.

Один из методов ситуационного обучения - метод кейсов (case-study). Кейс — разновидность производственной или экономической ситуации. В отличие от простых учебных задач в подобных ситуациях отсутствует четко выраженный набор исходных данных, которые необходимо использовать для получения единственно правильного решения. Также здесь отсутствует ряд вопросов, на которые необходимо давать ответы. Обучаемым следует целиком осмыслить ситуацию, самим выявить проблему и вопросы, требующие решения. Кейс может не иметь однозначного решения. Преимуществом кейсов является возможность оптимально сочетать теорию и практику, что важно при подготовке специалистов.

Так же к методам ситуационного обучения относятся имитационные упражнения. Отличительная черта имитационного упражнения - наличие заранее известного преподавателю правильного или оптимального решения проблемы. Имитационные упражнения более просты в применении, нежели метод кейсов, так как часто уже есть «запрограммированное решение» и задача преподавателя «навести» обучаемых на это решение. Имитационные упражнения удобны для проверки знаний тех или иных правил, норм, законоположений и т.п.

Нельзя обойти вниманием и проблемную лекцию. Искусство преподавателя, читающего проблемную лекцию, должно заключаться в управлении созданием, развитием и решением проблемных ситуаций. Преподаватель должен выполнить правило: учебная проблема, поставленная и принятая аудиторией, должна быть решена до конца.

Структура главной части проблемной лекции может быть следующей:

– формирование проблемы;

– поиск ее решения;

– доказательство правильности решения;

– указание (перечень) проблем, которые должны быть решены на последующих занятиях.

В ходе лекции преподаватель, применяя различные приемы мотивации, создает нужные проблемные ситуации, и у обучаемых начинается процесс мышления. В сознании обучаемых возникает проблемная ситуация, побуждающая их к самостоятельной познавательной деятельности. Таким образом, проблемная лекция учит обучаемых думать, они должны увидеть проблему самостоятельно и самостоятельно найти способы ее решения.

Проблемный семинар тоже можно рассматривать, как метод ситуационного обучения. Проблемный семинар предполагает высокую активность участников и используется для совместного обсуждения поставленной проблемы, выработки решений или поиска новых идей. Преподаватель, проводя семинар, должен стремиться к тому, чтобы превратить его в творческую дискуссию. Организация дискуссии является главным в содержании проблемного семинара.

Дискуссия – коллективное мышление. Чаще всего на семинаре используются такие методы, как групповая дискуссия, разбор казусов из практики, анализ ситуации морального выбора. Групповая дискуссия позволяет сопоставлять противоположные мнения участников и увидеть проблему с разных сторон, уточнить взаимные позиции, в процессе открытых высказываний устранить эмоциональную предвзятость в оценке позиции участников, выработать групповое решение. Разбор казусов из практики деятельности предприятий, отдельных работников предполагает анализ необычных ситуаций, «недоразумений» с точки зрения существующих нормативно-правовых положений. Анализ таких казусов позволяет участникам разобраться в особенностях сложившейся ситуации и разработать рекомендации по достойному выходу из нее. Ситуация морального выбора характеризуется наличием субъективного конфликта мотивов, хотя бы один из которых соответствует моральной норме, или наличием субъективных вариантов разрешения ситуации, которые обладают примерно равным «весом» для личности. В любом случае, цель проблемного семинара - выявить как можно больше точек зрения и расширить горизонт мышления участников.

Можно привести и множество других примеров ситуационного обучения: деловые игры, индивидуальный тренаж, групповые тренинги, конкурсы, викторины и другие педагогические игровые упражнения и т.п.

В любом случае, ситуационное обучение способствует развитию навыков самоорганизации деятельности, формированию умения объяснять явления действительности, развивает способности ориентироваться в мире ценностей, повышает уровень функциональной грамотности, формирует ключевые компетентности, подготавливает к профессиональному выбору, ориентирует в ключевых проблемах современной жизни.

Решение многих ситуационных задач связано с анализом конкретных ситуаций, отражающих происходящие в обществе изменения. Эти ситуации могут быть новыми не только для обучаемого, но и для преподавателя, что изменяет характер отношений между ними. В обычной учебной практике преподаватель «знает», а обучаемые «не знают». При решении ситуационной задачи учитель и ученики выступают как равноправные партнеры, которые вместе учатся решать проблемы. Таким образом, возможности ситуационного обучения состоят в способствовании изменению отношений преподаватель – обучаемый в направлении их равноправного взаимодействия, когда преподаватель выступает не как источник верного ответа, а как помогающий взрослый. Применение ситуационного метода обучения позволяет развивать творческое мышление обучающихся, развивать их познавательные интересы и способности и побуждает к самостоятельности и активности.

УДК 37(075.8)

Даниленко Д.В.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Самостоятельная работа курсантов как важнейшая составляющая организации учебного процесса

Качество подготовки любого специалиста в современных условиях определяется не только уровнем его знаний, но и умением самостоятельно ставить и решать новые профессиональные и социальные задачи.

Профессиональное образование в основном складывалось из традиционных знаний, умений, не требующих элементов творчества.

Знания, не подкрепленные самостоятельной деятельностью, не могут стать подлинным достоянием человека. Это одно из основополагающих правил, на которых построена вся учебная деятельность.

Если студент или курсант плохо работал в семестре, пропускал лекции, слушал их невнимательно, не конспектировал, не изучал рекомендованную литературу, то в процессе подготовки к сессии ему придется не повторять уже знакомое, а заново в короткий срок изучать весь материал. А это зачастую оказывается невозможно сделать из-за нехватки времени. Для такого студента подготовка к экзаменам будет трудным, а иногда и непосильным делом, а финиш - отчисление из вуза.

Самостоятельная работа способствует формированию таких важных качеств личности как трудолюбие, организованность и дисциплинированность, развивает память, мышление, внимание.

Качество обучения оценивается не количеством сообщаемой информации, а ее усвоением, умением ее использовать и развитием у себя способности к дальнейшему самостоятельному образованию.

Овладение методом самостоятельной работы, обеспечивает успех в дальнейшей деятельности. Периоды отдыха, чередование труда и пауз в работе, обоснованная норма продолжительности сна, предпочтение вечерних или

утренних занятий, психологическая устойчивость на экзаменах и особенности подготовки к ним.

Исходная задача самостоятельной работы должна нести в себе частицу конечной цели обучения. Наличие этого элемента во всех типах самостоятельных заданий создает необходимые условия для органического сочетания воспроизводимых и творческих познавательных действий обучающегося в процессе самостоятельной деятельности, а, следовательно, и условия постепенного изменения мотивационной сферы учения -- от внешней стимуляции к глубокой внутренней мотивации, выраженной в удовлетворенности обучаемого самим процессом познания. В результате, знания, умения, навыки, получаемые в ходе выполнения самостоятельной работы, познавательный опыт, приобретают действенный, гибкий характер, что в практическом отношении приводит к оптимизации умственной деятельности учащихся.

Самостоятельная работа является средством формирования такой важной черты личности, как самостоятельность, формой организации познавательной деятельности студентов, требующей проявления активности, самостоятельности мышления, творчества, настойчивости и инициативы при выполнении поставленной задачи.

Эффективность самостоятельной работы обучающегося по различным дисциплинам зависит в первую очередь от его личностных качеств, дисциплинированности, мотивационных установок, психических качеств, таких как память, внимание, волевые качества и других, но одним из главных условий продуктивной самостоятельной работы является сформированность и развитость умений и навыков самостоятельного учебного труда.

Сущность самостоятельной работы обучающихся и роль преподавателя в ее организационном и управленческом так же трактуется различными авторами по-разному. Исследователи главными считают различные структурные звенья самостоятельной работы учащихся, следовательно, по-разному формулируют ее признаки, считая наиболее важным один и опуская другой. Суммируя различные точки зрения, можно указать основные сущностные признаки самостоятельной работы студентов образовательных учреждений:

* Внешние. Включают в себя наличие учебно-познавательной или практической задачи, выступающей в виде учебной или иной комплексной проблемы, решение которой способствует развитию студента как личности. Эта задача должна побуждать его к самостоятельной умственной и практической работе, требовать напряжения духовных и физических сил, а также планирования учащимися своей работы, подготовку рабочего места, выполнение заданий без подробного вводного инструктажа и непосредственной помощи преподавателя. При этом роль последнего видится только через призму организационных и функционально связанных с ними управляющих воздействий.

* Внутренние. Выражаются в проявлении студентами самостоятельности и творческой активности при решении поставленных перед ними учебно-познавательных и практических задач, проходя при этом все уровни самостоятельности от воспроизведения задания по образцу до частично- поисковой и даже творческой исследовательской работы. Причем сама самостоятельная ра-

бота студентов претерпевает качественные изменения и поступательно развивается. Включает в себя проведение учащимися самоконтроля, самоанализа, самокорректировки и усовершенствования результатов выполненных ими самостоятельных работ.

Самостоятельная работа, как часть целостного педагогического процесса, выступает в своем двуедином качестве, внешняя форма которого -- учебное задание, а внутренняя (содержание) -- познавательная или другая учебная задача и самостоятельная деятельность студентов при ее решении. Здесь просматривается диалектическое единство, подобное тому, которое существует для философских категорий содержание и форма, отражающее особенности взаимосвязанной деятельности преподавателей и студентов. По отношению к преподавателю самостоятельная работа -- это и метод обучения, и средство обучения, и форма взаимосвязанной деятельности. По отношению к студентам самостоятельная работа - это и метод учения, то есть способ познавательной деятельности обучаемых, и форма учебно-познавательной деятельности, и сама учебно-познавательная деятельность. Самостоятельная работа студентов образовательных учреждений -- это вся их мыслительная и практическая деятельность по решению познавательных и практических задач. Имеющая целью подготовку к самостоятельному выполнению будущих профессиональных задач, возникающих перед современными специалистами, осуществляемая во всех формах учебного процесса, в ходе, которой обучаемые проявляют сознательность, самостоятельность и активность.

Содержание самостоятельной работы студентов включает совокупность обоснованных целей и задач, решаемых студентами в процессе самостоятельного учебного труда по различным учебным дисциплинам, плановых позиций последовательности их содержательной индивидуальной реализации, научно-обоснованного выбора личностно-ориентированных методов и средств самостоятельной деятельности. Основных этапов реализации программных установок студентов по самостоятельной работе при непосредственном, специально организованном целенаправленном скоординированном совместном участии руководителей кафедр, деканатов, сотрудников учебного и научного отделов, профессорско-преподавательского состава. Сотрудников учебных подразделений, других субъектов учебно-воспитательного процесса по педагогическому руководству самостоятельной работой на всех этапах, обеспечивающем создание предпосылок для развития и саморазвития личности студента.

Самостоятельная работа студентов выполняет ряд функций, к которым относятся:

- · Развивающая - повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов;
- · Информационно-обучающая - учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится малорезультативной;
- · Ориентирующая и стимулирующая - процессу обучения придается профессиональное ускорение

▪ · Воспитывающая - формируются и развиваются профессиональные качества специалиста;
▪ · Исследовательская - студенты выходят на новый уровень профессионально-творческого мышления.

В основе самостоятельной работы курсантов лежат принципы: самостоятельности, целевого планирования, личностно-деятельностного подхода.

Самостоятельная работа курсантов проводиться с целью:
▪ систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
▪ углубления и расширения теоретических знаний;
▪ формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
▪ развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
▪ формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
▪ развития исследовательских умений.

Студентами практикуется два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию. В этом случае студенты обеспечиваются преподавателем необходимой учебной литературой, дидактическим материалом, в т. ч. методическими пособиями и методическими разработками.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Видами заданий для внеаудиторной самостоятельной работы могут быть:

- для овладения знаниями: чтение текста (учебника, методической литературы); составления плана текста; графическое изображение структуры текста, графическое изображение последовательности выполнения графической работы, выполнение графических работ; конспектирование текста; выписки из текста; работа со словарями и справочниками; ознакомление с нормативными документами; учебно-исследовательская работа; использование компьютерной техники, Интернета и др.

- для закрепления систематизации знаний: работа с конспектом лекции (обработки текста); повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы); составление плана выполнения работы в соответствие с планом, предложенным преподавателем; изучение ГОСТов; ответы на контрольные вопросы; тестирование, выполнение упражнений и графических работ.

- для формирования умений: решение задач и упражнений по образцу; решение вариативных задач и упражнений; выполнение чертежей, схем; выполнение расчетно-графических работ; решение ситуационных производственных (профессиональных) задач; подготовка к деловым играм.

При предъявлении видов заданий на внеаудиторную самостоятельную работу используется дифференцированный подход к студентам. Перед выполнением студентами внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель проводит инструктаж по выполнению задания, который включает цель задания, его содержание, сроки выполнения, ориентировочный объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценки. В процессе инструктажа преподаватель предупреждает студентов о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении задания. Инструктаж проводится преподавателем за счет объема времени, отведенного на изучение дисциплины.

Разработка комплекса методического обеспечения учебного процесса является важнейшим условием эффективности самостоятельной работы студентов. К такому комплексу следует отнести тексты лекций, учебные и методические пособия, лабораторные практикумы, банки заданий и задач, сформулированных на основе реальных данных, банк расчетных, моделирующих, тренажерных программ и программ для самоконтроля, автоматизированные обучающие и контролирующие системы, информационные базы дисциплины или группы родственных дисциплин и другое. Это позволит организовать проблемное обучение, в котором студент является равноправным участником учебного процесса.

Результативность самостоятельной работы студентов во многом определяется наличием активных методов ее контроля.

Существуют следующие виды контроля:

- входной контроль знаний и умений студентов при начале изучения очередной дисциплины;
- текущий контроль, то есть регулярное отслеживание уровня усвоения материала на лекциях, практических и лабораторных занятиях;
- промежуточный контроль по окончании изучения раздела или модуля курса;
- самоконтроль, осуществляемый студентом в процессе изучения дисциплины при подготовке к контрольным мероприятиям;
- итоговый контроль по дисциплине в виде зачета или экзамена;
- контроль остаточных знаний и умений спустя определенное время после завершения изучения дисциплины.

В последние годы наряду с традиционными формами контроля - коллоквиумами, зачетами, экзаменами достаточно широко вводятся новые методы. Использование рейтинговой системы позволяет добиться более ритмичной работы студента в течение семестра, а так же активизирует познавательную деятельность студентов путем стимулирования их творческой активности. Введение рейтинга может вызвать увеличение нагрузки преподавателей за счет дополнительной работы по структурированию содержания дисциплин, разработке заданий разного уровня сложности и т. д. Но такая работа позволяет преподавателю раскрыть свои педагогические возможности и воплотить свои идеи совершенствования учебного процесса.

Следует отметить и все шире проникающие в учебный процесс автоматизированные обучающие и обучающе-контролирующие системы, которые поз-

воляют студенту самостоятельно изучать ту или иную дисциплину и одновременно контролировать уровень усвоения материала.

Курс на повышение роли самостоятельной работы связан с объективной необходимостью перехода к системе непрерывного образования. Самостоятельная работа является одним из главных резервов повышения качества обучения и подготовки будущих специалистов.

УДК 656.61.089.2

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

Аналіз систем оцінки безпеки міжнародного мореплавства

В сучасних умовах існування людства немислимо без постійного і багатогранного використання морів і океанів. Морські судна перевозять щорічно значну кількість пасажирів, до 90% зовнішньоторговельних вантажів світу, видобувають понад 80% споживаної людством риби, морепродуктів, морського звіра, здійснюють масовий видобуток нафти, газу та інших корисних копалин, проводять важливі наукові дослідження, в тому числі щодо прогнозування погоди і виникнення аномальних природних явищ, забезпечують проведення морських буксирувань, криголамних і лоцманських проводок, морського туризму, спорту та інших видів діяльності в Світовому океані. Також морські судна є основним засобом боротьби із забрудненням морського середовища на морі.

Як показує статистика аварійності, функціонування такого складного і різноманітного міжнародного механізму, яким є Світовий флот, відбувається далеко не безхмарно, бо щорічно приблизно кожне третє судно на море потрапляє в ту чи іншу аварію, а самі аварії щорічно забирають тисячі людських життів. Причини аварій дуже різноманітні. Крім впливу стихії та інших зовнішніх факторів, на частку яких припадає 20-25% аварій, вирішальну роль відіграває діяльність самої людини, яка в силу своїх професійних, психофізичних і біологічних якостей сприяє аваріям або не може їм запобігти.

Слід відзначити, що під впливом науково-технічного прогресу відбувається якісне вдосконалення морських суден, оснащення їх новітнім обладнанням, апаратурою, приладами та системами, які підвищують живучість суден, зменшують ризик випадкових помилок і знижують обсяг негативних наслідків від впливу будь-якої морської небезпеки. Наслідком таких якісних змін судів є зниження відносної аварійності, однак, кількісне зростання світового флоту призводить до того, що абсолютне число втрат морських суден і людських життів в результаті аварій продовжує зростати. У зв'язку з цим особливої актуальності, теоретичне і практичне значення має проблема забезпечення безпеки міжнародного мореплавства.

Співпраця держав у вирішенні проблеми безпеки мореплавання здійснюється за кількома напрямками:

1) співробітництво при розробці технічних стандартів, яким повинні задовольняти сучасні морські судна (Міжнародна конвенція про вантажну марку 1966 р .; Конвенція ООН з морського права 1982 р та інш.);

2) співробітництво при розробці міжнародних правил, що регулюють рух суден (МППСС; Міжнародна угода щодо морських сигналів 1930р .; Міжнародний звід сигналів 1965р. та інш.);

3) співробітництво під час рятування людського життя та майна на морі (Конвенція СОЛАС - 74; Конвенція ООН з морського права 1982р.; Міжнародна конвенція про рятування 1989; та інш.);

4) співробітництво в розробці міжнародних стандартів і правил проведення надзвичайних дій щодо захисту людей, майна і навколишнього середовища від радіоактивного, нафтового і іншого забруднення (ряд «ядерних» і «нафтових» конвенцій, в тому числі Брюссельська конвенція про відповідальність операторів ядерних суден 1962р.; Кодекс з безпеки ядерних торгових суден 1981р.; Міжнародна конвенція по запобіганню забруднення з судів 1973р.; Міжнародна конвенція про втручання у відкритому морі при подіях, що викликають забруднення нафтою, 1969р .; Міжнародна конвенція про цивільну відповідальність за шкоду від забруднення нафтою 1969р.; Протокол 1992р. про зміну Міжнародної конвенції про цивільну відповідальність за шкоду від забруднення нафтою 1969р.; Протокол 1992р. про зміну Міжнародної конвенції про створення Міжнародного фонду для компенсації збитків від забруднення нафтою 1971р. та інш.);

5) співпраця при розслідуванні морських аварій. Обов'язок розслідування морських аварій передбачений цілим рядом міжнародно-правових актів та їх окремих норм: ст. 1/21 Міжнародної конвенції з охорони людського життя на морі 1974 р .; ст. 23 Міжнародної конвенції про вантажну марку 1966 р .; ст. 12 Міжнародної конвенції по запобіганню забрудненню з суден 1973 / 78р .; ст. 2 і 94 Конвенції ООН з морського права 1982 р .; Міжнародним кодексом проведення розслідувань аварій і інцидентів на морі, прийнятим ІМО в листопаді 1997р .; Міжнародною конвенцією з безпеки риболовних суден 1977р .; Міжнародною конвенцією про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 / 95р з поправками 2010р.; Міжнародною конвенцією про підготовку та дипломування персоналу риболовних суден та несення вахти 1995р .; Міжнародною конвенцією про втручання у відкритому морі при подіях, що викликають забруднення нафтою, 1969р. та інш.

У спільному циркулярному листі двох комітетів ІМО (International Maritime Organization) - Комітету з безпеки на морі і Комітету із захисту морського навколишнього середовища, - прийнятому 30 травня 1997р. під назвою «Доповіді про аварії та інциденти на морі» (MSC/Circ. 801 від 30 травня 1997р.) містяться дев'ять додатків, які передбачають подання до ІМО цілої низки даних про результати розслідування аварій відповідними службами держав: 1) дані про судно; 2) керівництво з надання даних про аварію; 3) інформація з розслідування дуже серйозної аварії; 4) інформація з розслідувань аварій, пов'язаних з небезпечними вантажами або поллютантами моря в упаковці на судах і в портах; 5) аварії, пов'язані з живучістю суден; 6) доповіді про ава-

рії, які пов'язані з пожежею; 7) перелік питань з системи лиха і забезпечення безпеки на морі; 8) втома як причина, що сприяє аваріям на морі; 9) випадковий розлив рідини в кількості 50т. й більш.

Втрати від аварій досить значні і майнові та складають десятки мільярдів доларів. Співпраця держав по першому напрямку забезпечення безпеки мореплавання здійснюється, головним чином, в рамках Міжнародної асоціації класифікаційних товариств (МКАТ - International Association of Classical Societies) і Міжнародної морської організації (ІМО), а на національному рівні цю роботу виконує відповідне класифікаційне товариство - морський регістр судноплавства України. Співпраця держав по другому і третьому напрямках забезпечення безпеки міжнародного мореплавства не змогло переломити загальну тенденцію щодо подальшого зростання числа аварій, загибелі людей, суден, вантажів, заподіяння шкоди навколишньому природному середовищу. Розслідування причин аварій показало, що найбільш небезпечними є аварії з балкерами, танкерами, хімовозами і рудовозами, оскільки вони спричиняють за собою загибель людей, великих матеріальних цінностей і великих збитків навколишньому середовищу від забруднення.

Розслідування морських аварій показали, що зростаючі цифри втрат суден зв'язуються, з одного боку, із зростанням світового флоту, а з іншого боку, з недооцінкою ризику мореплавання і з недостатніми заходами щодо його зниження. У розслідуваннях аварій, що проводяться як на міжнародному, так і на національному рівні, під ризиком розуміється співвідношення сукупності числа аварій за рік до ступеня тяжкості їх наслідків. При цьому в розслідуваннях ризик мореплавання підрозділяється на два види - індивідуальний і публічний. Під індивідуальним розуміється ризик мореплавання, коли збиток від аварії заподіюється конкретній фізичній особі, а в публічному, коли в результаті аварії гине кілька людей (5 осіб і більше) і наноситься значна шкода навколишньому середовищу. При розгляді під час розслідування факторів, що впливають на причини аварій, встановлено, що основним фактором породження аварій на морі є людський фактор. За даними ІМО, отриманими від ряду країн, які проводили розслідування морських аварій, приблизно 80% всіх аварій на морі викликано помилками судноводіїв, інших членів екіпажу, лоцманів, операторів, диспетчерів та інших осіб. За даними Лондонського клубу взаємного страхування морських суден аварії через людські помилки складають 65-70% від усіх морських аварій.

Виходячи з рівня аварійності, а також з даних про причини аварій, отриманих при їх розслідуванні в країнах - членах ІМО, комітети ІМО, що займаються питаннями безпеки мореплавання, приділяють постійну увагу проблемам забезпечення безпеки міжнародного судноплавства. Одним з конкретних результатів такої діяльності ІМО став Міжнародний кодекс з управління безпечною експлуатацією суден і запобіганням забрудненню (МКУБ), розроблений спільно Комітетом з безпеки на морі та Комітетом по захисту морського середовища і прийнятий Резолюцією ІМО А.741 (18) від 4 листопада 1993 р. Мета МКУБ - підвищити рівень вимог діючих стандартів безпеки та захисту навколишнього середовища. МКУБ, зокрема, вказує, що найважливішими умовами

попередження аварій на морі є проектування, будівництво й, особливо, експлуатація суден належним чином підготовленими екіпажами відповідно до міжнародних конвенцій і стандартів, а також ретельне і всебічне розслідування всіх морських аварій з метою виявлення типових причин і створених тенденцій в цій сфері.

Проблема забезпечення безпеки судноплавства вимагає розробки аналітичних методів оцінки ризику для життя людини з обов'язковою перевіркою цих методів при розслідуванні конкретних аварій і подальшим узагальненням результатів розслідувань в рамках ІМО. Існують традиційні алгоритми оцінки ризику мореплавання. На першому етапі визначаються всі небезпечні ситуації при експлуатації судна. На другому етапі розглядаються критерії допустимості ризику для певних на першому етапі небезпечних ситуацій. На третьому етапі виконується оцінка допустимості ризику і його наслідків. За результатами оцінки, які виявляються при розслідуванні конкретних аварій, визначаються норми безпеки, шляхи зменшення ризику та фінансові витрати, які пов'язані з заходами щодо зменшення ризику. Перераховані етапи в сукупності складають формальну оцінку безпеки судна. Найважливішою і обов'язковою складовою формальної оцінки безпеки судна є етап розслідування морських аварій, тому що тільки на цьому етапі можливо практично оцінити правильність теоретичних побудов і прийнятих стандартів безпеки мореплавання.

Таким чином, можна зробити висновок, що розслідування морських аварій є найважливішим елементом системи забезпечення безпеки міжнародного мореплавства. Питання формальної оцінки безпеки суден постійно перебувають в зоні підвищеної уваги ІМО і МАКТ. З 1993р. питання формальної оцінки безпеки судна (ФОБС) постійно розглядається Комітетом з безпеки ІМО. З 1995р. в ІМО працює група фахівців, яка розглядає питання ФОБС. У роботі цієї групи беруть участь представники понад 30 держав, міжурядових та неурядових організацій. На 66, 67 і 68 сесіях Комітету з безпеки на морі спеціально створювалася робоча група по ФОБС. Результатом стало прийняття на 68-й сесії Комітету «Проміжного керівництва із застосування ФОБС в процесі створення Правил ІМО».

Проміжне керівництво по ФОБС містить опис застосування методики і п'яти основних етапів процесу ФОБС. До цих етапів відносяться: 1) ідентифікація небезпеки з урахуванням людського фактора; 2) оцінка ступеня ризику; 3) можливості управління ризиком; 4) оцінка вартості заходів щодо зменшення ризику; 5) рекомендації щодо прийняття рішення. На підставі п'ятого етапу ФОБС виконується розробка правил, конвенцій, резолюцій та інших актів з безпеки мореплавання. При цьому важливою складовою частиною матеріалів, які використовуються при розробці техніко-правових стандартів безпеки ІМО, є матеріали розслідування морських аварій та зроблені на цій основі узагальнення і висновки.

На 68-му засіданні Комітету з безпеки на морі в 1998р. було підкреслено, що ФОБС є потужним інструментом, який може впливати на рішення, що приймаються ІМО. Одночасно було прийнято рішення продовжити роботу над Проміжним керівництвом по ФОБС. Застосування методик ФОБС в сукупнос-

ті з МКУБ може дати відчутний ефект підвищення безпеки мореплавання, оскільки застосування МКУБ значною мірою дозволяє знизити кількість помилок, викликаних людським фактором. Класифікаційні товариства - члени МАКТ не тільки контролюють дотримання стандартів ІМО і МАКТ, а й беруть участь у створенні уніфікованих міжнародних вимог та настанов, вносять свої пропозиції щодо коригування та розробки документів ІМО. Разом з цим, дії тільки контролюючих органів, таких як портовий контроль та інспекції класифікаційних товариств, не приведуть до досягнення максимального ефекту, якщо судновласники і оператори не приймуть активної участі в управлінні безпечною експлуатацією суден в рамках МКУБ.

ІМО своєї Резолюцією А.680 (17) запропонувала теми для включення в документацію по експлуатації суден, спрямовані на запобігання людських помилок. При цьому Резолюція виходила в класифікації переліку помилок в певній мірі з традиційних класифікацій морських аварій. Результатом застосування Резолюції А.680 (17) стали поправки і доповнення 1996р. до Конвенції з підготовки, дипломування і несення вахти. При цьому важливо відзначити, що всі зазначені поправки стали можливими лише з урахуванням результатів численних розслідувань найбільш типових морських аварій - пожеж і вибухів, посадок на мілину і скелі, зіткнень, втрати стійкості і ін. Резолюцією ІМО А.680 (17) були введені в дію інструкції для портової влади, якими пропонувалося контролювати виконання ряду правил з експлуатації суден. Виконуючи вимоги цих документів, члени МАКТ стали проводити дослідження факторів, які викликають людські помилки. В результаті в подальшому з'явилася Резолюція ІМО А.742 (18), що скасовує Резолюцію А.681 (17) і встановлює нові процедури контролю за експлуатацією суден з боку влади порту реєстрації. Наступним етапом щодо підвищення рівня безпеки стало прийняття Резолюції А.741 (18) МКУБ. На думку фахівців, застосування МКУБ і методик ФОБС для оцінки всіх видів можливого ризику, включаючи економічний, дозволить, будувати більш безпечні судна і більш безпечно експлуатувати існуючі. Роботи по застосуванню ФОБС ведуться в усіх класифікаційних товариствах: Італійський Регістр проводить дослідження з ФОБС пасажирських суден. Норвезька Веритас - ФОБС на звалювальних судах, Російський Регістр - з ФОБС суден змішаного плавання («річка-море») і ін .

І ФОБС, і МКУБ виходять з того, що перелік заходів щодо забезпечення безпеки експлуатації суден і запобігання людських помилок природно тяжіє до класифікації аварійних ситуацій, при яких необхідні надзвичайні заходи. При прийнятті відповідних резолюцій по ФОБС і МКУБ в ІМО зазначалося, що про надзвичайні заходи щодо захисту від загрози загибелі людини, майна та навколишнього середовища йдеться лише на третій стадії ризику, коли виникає реальна загроза для об'єктів, що захищаються. Хоч би якими були наслідки реалізації надзвичайних заходів, тобто незалежно від успішності захисних операцій, важливою складовою частиною надзвичайних заходів як конкретних для даної операції, так і типових, що зумовлені видом аварії та характером небезпеки, є обов'язковим ретельний аналіз усіх етапів виникнення аварійної ситуації у динаміці її розвитку. А також виявлення ефективності техніко-

правових стандартів забезпечення безпеки конкретних об'єктів, які застосовувались, тобто проведення ретельного розслідування аварії з повідомленням результатів розслідування в ІМО. Тільки на підґрунті узагальнення конкретної практики мореплавання, в тому числі практики боротьби з аваріями при обов'язковому виявленні їх причин, ІМО може своєчасно і ефективно корегувати існуючі та розробляти нові стандарти безпеки мореплавання.

Аналіз аварій на море має два аспекти, які незначно розрізняються, пов'язаних з тим, яку класифікацію аварійних інцидентів слід прийняти. Так, при розробці переліку заходів надзвичайного характеру, які слід здійснювати на третій стадії ризику (тобто в момент виникнення безпосередньої небезпеки для людей, майна і середовища, і в МАКТ, і в ІМО пропонувалося використовувати традиційну класифікацію аварійних випадків на море, яка застосовується в більшості країн при розслідуванні аварійних подій на морі (пожежа, вибух, текти, посадка на мілину, зіткнення суден та ін.). Однак представники деяких країн засумнівалися в тому, що класифікація аварій, які вже сталися, не цілком придатна при розробці та здійсненні заходів із запобігання аваріям, коли акцент робиться не на виявлення причин аварій (як при розслідуванні), а на плануванні профілактичних і рятувально-захисних заходів. В кінцевому підсумку було вирішено тимчасово використовувати традиційну класифікацію аварій, але одночасно прагнути розробити для застосування в рамках ФОБС і МКУБ спеціальну класифікацію надзвичайних заходів, покликаних запобігти негативним наслідкам аварій, а не констатувати ретроспективно (як при розслідуванні) причини їх виникнення. Якщо традиційна класифікація аварій на морі будується за принципом видового їх підрозділу, маючи на меті, виявлення причин аварій, розміру заподіяної шкоди та винних осіб, то класифікація аварій за типами надзвичайних заходів, що застосовуються для ліквідації небезпеки, має на меті виявлення характеру розумних, навмисних та надзвичайних заходів щодо усунення небезпеки для людей, майна та навколишнього середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРА ТУРИ

1. Резолюції ІМО А.680 (17), А.681 (17), А.741 (18).

2. Міжнародний кодекс з управління безпечною експлуатацією суден і запобіганням забрудненню (МКУБ).

3. Конвенції ІМО з безпеки мореплавання — IMO Maritime Safety Conventions.

УДК 612.017.2:613

Голикова В.В., Синюта Е.А.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Пылевой фактор на судах и его паттерны в здоровьесберегающих компетенциях плавсостава

Введение. На 70-й сессии Генеральная Ассамблея ООН утвердила проект Декларации и итоговый документ «Преобразование нашего мира: повестка дня

в области устойчивого развития до 2030 года», разработанные и одобренные на саммите Организации Объединенных Наций, который был проведен 25–27 сентября 2015 года в Нью-Йорке с участием представителей 193 государств мира [1]. В числе 17 глобальных блоков задач, стоящих перед человечеством в 21-м столетии, важная роль отводится устойчивому развитию транспорта.

Транспорт является системообразующей составляющей любой социально-экономической системы на международном, национальном, региональном и локальном уровнях. Это определяется такими его особенностями, как:

- обеспечение всех видов деятельности современного человека;
- трансграничный и транснациональный характер перевозки грузов и пассажиров;
- интеграция в транспортных системах достижений практически во всех областях человеческих знаний;
- опережающее развитие транспортных технологий и организации транспортного процесса;
- участие миллионов работников в осуществлении и обеспечении транспортных технологий и коммуникаций;
- участие практически всей популяции жителей Земли в транспортном процессе в качестве работников, пассажиров, туристов, водителей личных транспортных средств и пешеходов;
- роль транспорта как одного из важных, а в ряде случаев – ведущих антропогенных загрязнителей окружающей среды [2,3].

Приведенный перечень может быть существенно расширен. Однако уже перечисленных позиций достаточно, чтобы аргументировать правомерность и своевременность включения проблемы устойчивого развития транспорта (Sustainable Transport Development) в число первоочередных и определяющих задач, стоящих перед мировым сообществом, на ближайшую и отдаленную перспективу. При этом, как с позиций макроэкономики, так и концепции приоритетного регионального развития, морскому транспорту принадлежит ведущая роль.

Одной из доминирующих тенденций в развитии морского транспортного флота является интенсивный рост перевозок массовых грузов. Эти грузы доминируют в экспорте из портов Украины и составляют более 70% в грузообороте отечественных портов. Об устойчивом характере этой тенденции свидетельствует, в частности, выход Украины на третье место в мире по экспорту зерна (после ЕС и США) [4,5], что, по мнению экспертов, требует перестройки инфраструктуры транспортного конвейера и совершенствования логистики грузоперевозок [6,7]. И хотя эти показатели очень динамичны, тенденция приоритетного развития этого вида грузоперевозок оценивается как устойчивая. С учетом растущего объема, широкой номенклатуры, разнообразия физико-химических свойств данной категории грузов, одним из наиболее значимых вредных и опасных факторов транспортного процесса стало ***пылеобразование*** при проведении погрузочно-разгрузочных работ. Этот вредный и опасный фактор негативно влияет на условия труда докеров и членов экипажей балкеров, загрязняет окружающую среду и, в связи склонностью к возгоранию и

взрывоопасностью многих аэрозолей, представляет угрозу для безопасности судов, береговых объектов, а также для здоровья работающих и населения [8]. Однако такие виды профессионально обусловленных рисков недостаточно учитываются в программах подготовки и формировании здоровьесберегающих компетенций лиц профессий плавсостава и других категорий работников морского транспорта, а предлагаемые меры профилактики нередко носят декларативный характер [9,10].

Цель исследования состояла в анализе и обобщении результатов проведенных с участием авторов НИР по изучению и оценке изменений условий труда и особенностей трудового процесса контингентов работников транспорта, участвующих в процессе перевозки опасных пылящих навалочных, насыпных и фумигированных грузов, с последующим использованием полученной информации для разработки системы здоровьесберегающих компетенций, профилактики отравлений, сохранения здоровья и работоспособности плавсостава и береговых работников транспорта.

Материалы и методы. Гигиенические исследования проведены на 11 балкерах и 3 универсальных сухогрузных судах при проведении погрузочно-разгрузочных работ и фумигации зерна в трюмах препаратом в портах Ильичевск (Черноморск), Мариуполь, Николаев, Херсон и Южный. Под наблюдением находились 216 человек (моряки, курсанты морских вузов, докеры, работники фумигационных отрядов), среди которых проводилось анкетирование (при соблюдении требований биоэтики [11]), выборочное психофизиологическое обследование с использованием функциональных физиологических проб, а также тестирования с помощью компьютеризованного программного комплекса «МОРТЕСТ» (вариант «Спас-10») [12]. Результаты обрабатывали статистически с использованием стандартного пакет программ в Microsoft Excel [13].

Результаты и обсуждение. Исследования показали, что, наряду с типичными для всех морских транспортных судов погодными и метеорологическими, производственными условиями (шум и вибрация), на организм работающего и контактирующего с навалочными и насыпными грузами контингента плавсостава, докеров и фумигаторов действует ряд специфических опасных и вредных факторов, зависящих от физико-химических и биологических свойств груза, контаминации вредителями запасов, что лежит в основе пылеобразования, возгорания и взрывов, а также риска выделения в надзерновое пространство, судовые помещения и окружающую среду вредных аэрозолей, паров и газов (табл. 1).

Приведенные в таблице данные, хотя и не отличаются полнотой, но дают являются иллюстрацией о переработке массовых грузов в портах Украины. Анализы воздуха показали высокую степень запыленности, причем, как правило, в составе аэрозоля преобладали мелкодисперсные частицы (PM1,0 – PM2,5). В зерновой пыли преобладали органические компоненты, имела место контаминация микробами и спорами грибов, а в 56% проб воздуха обнаружены остаточные количества фумиганта фосфина (ПДКр.з. = 0,1 мг/м^3, 1-й класс опасности), превышающие норматив в 2-6 и до 15 раз. Жалобы на нарушения

сна отмечали 16,8, головные боли – 22,4, кашель – 15,7, першение в горле, резь в глазах и слезотечение – до 30% обследованных.

Таблица 1. Характеристика опасных и фумигированных грузов

Порт	Грузы	Технология перевозки	Основные токсичные компоненты опасных грузов
Днепро-Бугский	Бокситы	навал	Пыль, токсические пары
Николаев, «Ника-Тера»,	Комовая сера Удобрения, хлористый калий	навал	Пыль, сероводород, сернистый газ; токсические пары, газы,
Одесса	Зерно, масличные (рапс, подсолнечник)	насыпь	Зерновая пыль, Фосфин, оксид углерода (IV)
Измаил	Каменный уголь Марганцевая руда Зерно. шрот, жмых, рапс	навал насыпь	Пыль, метан, оксид углерода (II), сероводород токсическая пыль, зерновая пыль, фосфин
Мариуполь	Сера, уголь, зерно	навал, насыпь	Пыль, сероводород, сернистый газ, оксид углерода (II)
Херсон	Зерно	насыпь	Пыль, фосфин
Южный	Зерно, минеральные удобрения, руды	навал, насыпь	Пыль, фосфин

Проведенные психофизиологические исследования показали, что при профессионально обусловленном контакте с запыленной воздушной средой у плавсостава и докеров основными синдромами нарушения физиологических функций являются острое и хроническое утомление. У большинства обследованных (71,4±3,1%) прослеживаются признаки в разной степени выраженных функциональных нарушений со стороны дыхательной и сердечно-сосудистой систем, вегетативная дисфункция и повышенная тревожность (54,2±2.8%), психоэмоциональный стресс и снижение работоспособности (30,5±2,3%), Результаты психофизиологических исследований коррелируют с данными анкетного опроса: жалобами на повышенную утомляемость ($r = 0,57$; $p < 0,01$), нарушения сна ($r = 0,47$; $p < 0,02$), состояние депрессии ($r = 0,43$; $p < 0,05$). В то же время, средства индивидуальной защиты органов дыхания применяют менее половины обследованных; систематический контроль наличия в воздухе пыли и фумиганта не проводится, измерительная аппаратура в ряде случаев отсутствовала. Это отрицательно влияет на формирование профессиональной и здоровьесберегающих компетенций у проходивших плавпрактику курсантов морских вузов, а также лежит в основе ряда чрезвычайных ситуаций, в том числе с отравлениями и профессионально обусловленными заболеваниями экспонированных контингентов моряков, докеров и фумигаторов.

Выводы

Расширение номенклатуры и объема перевозимых морем навалочных и насыпных грузов привело к росту эколого-гигиенической значимости аэрозольного загрязнения воздуха на специализированных перегрузочных комплексах, судовых помещений балкеров, прилегающих береговых территорий и акватории портов, где концентрации респирабельной пыли на порядок и более превышают соответствующие ПДК.

Интенсивное пылевое загрязнение в большинстве случаев сопровождается выделением в воздух паро-газовых смесей токсичных компонентов перевозимых грузов, а при перевозках зерна имеет место биологическое загрязнение воздуха и экспозиция фумигантами (в подавляющем большинстве случаев – фосфином, который по своим токсическим свойствам относится к веществам 1-го класса опасности.

Экспозиция моряков, докеров и фумигаторов газо-паро-аэрозольными смесями приводит к функциональным нарушениям со стороны психосоматического здоровья обследованных контингентов и риску отравлений, что требует разработки системы мер по профилактике негативного действия пылевого фактора на здоровье и работоспособность плавсостава и экспонированных представителей береговых профессий, в первую очередь, путем формирования здоровьесберегающих компетенций и активного участия судовых специалистов в их реализации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1.Sustainable Development Goals / 17 Goals to Transform our World / United Nations Sustainable Development Summit 2015 25 - 27 September 2015, New York [Электронный ресурс] - Режим доступа к ресурсу: https://sustainable development.un.org/post2015/summit

2. Takeshita T. Global scenarios of air pollutant emissions from road transport through to 2050 / T. Takeshita // Int. J. Environ. Res. Public Health, 2011. – Vol. 8. – Iss. 7. – P. 3032-3062.

3. Sustainable transport development in the XXI century begining: hygienic, toxicological and ecological aspects / Shafran L.M., Badiuk N.S., Golikova V.V. et al. // Actual Problems of Transport Medicine, 2015. – No. 4 (42) – Vol. 2.- P. 8-18.

4. Клименко В. Украина побила рекорд экспорта зерна / В. Клименко // Економічна правда [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу : http://www.epravda.com.ua/rus/news/2016/07/1/597767/ (01.07.2016).

5. Украина с начала 2017/18 МГ экспортировала 27 млн т зерновых [Электронный ресурс] - Режим доступа к ресурсу: https://latifundist.com /novosti/39077-ukraina-s-nachala-201718-mg-eksportirovala-27-mln-t-zernovyh

6. Pretty J. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence / J. Pretty // Phil. Trans. R. Soc. B, 2008. – Vol. 363. – P. 447–465.

7. Bhattacharya A. An intermodal freight transport system for optimal supply chain logistics/A. Bhattacharya, S.A.Kumar,M.K.Tiwari,S.Talluri // Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2014. – Vol. 38. – P. 73-84.

8. Сидоренко С. Г. К патогенезу заболеваний пылевой этиологии у работников фумигационных отрядов / С. Г. Сидоренко // XIV–е чтения им. В. В. Подвисоцкого: Бюллетень материалов научн. конф. – Одесса, 27–28 мая 2015 г. – Одесса, 2015. – С. 171–173.

9. Голіков А.О. Підвищення безпеки мореплавства при транспортуванні небезпечних навалювальних вантажів**:** Автореф. дис. канд. тех. наук, спец.: 05.22.16 – судноводіння. – Одеса, 2006. – 23 с.

10. Кубасов Р.В. Условия жизнедеятельности экипажа на борту морского судна (обзор литературы) / Р.В. Кубасов, В.В. Лупачев, М.В. Попов // Вестник ГУМРФ им адм. С.О. Макарова, 2016. – Вып. 2 (36). - С. 51-56.

11. Білоконь С.В. Основи біоетики та біобезпеки: навчальний посібник / С.В. Білоконь – Одеса : Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова, 2017. – 155 с.

12. Шафран Л. М.Теория и практика профессионального психофизиологического отбора моряков / Л. М. Шафран, Э. М. Псядло. – О. : Феникс, 2008. – 292 с.

13. Лапач С. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / С. Н. Лапач, А. В. Чубенко, П. Н. Бабич. – К. : МОРИОН, 2000. – 320 с.

14. Голикова В.В. Эколого-гигиенические и психофизиологические аспекеты формирования профессиональной компетентности будущих морских офицеров / В.В. Голикова, Л.М. Шафран // Специалист XXI века: психолого-педагогическая культура и профессиональная компетентность. Материалы IV Международной научно-практической конференции (Барановичи, 22 октября 2015 года). – Барановичи: БарГУ, 2015. - С. 231-233

15. Сидоренко С.Г. Зерновой транспортный конвейер Украины с позиции гигиены труда /С.Г. Сидоренко, Е.П. Белобров, Л.М. Шафран// Матеріали науково-практичної конференція міжнародною участю «Профілактична медицина: здобутки сьогодення та погляд у майбутнє» до 100 річчя ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України». – Дніпропетровськ, 2016. – С.163–165.

УДК 621.431.004.13-57

Мамкічев М.А.
Національний університет «Одеська морська академія»

Структура й короткий аналіз Міжнародного кодексу для суден, що експлуатуються в полярних водах (Polar Code).

Резолюція MSC.385(94) Прийнято 21 листопада 2014 року.

Резолюція MEPC.264(68)*. Прийнято 15 травня 2015 року.

Прийняття Полярного кодексу є наслідком збільшення обсягів морського трафіку в полярних районах, особливо в Арктиці, танення льодів якої відкриває нові шляхи й суттєво продовжує навігаційний період.

Головним завданням Полярного кодексу є підвищення безпеки судноплавства, а також значне зменшення несприятливих факторів, що впливають на екіпаж і навколишнє середовище під час експлуатації суден у полярних водах (арктичні й антарктичні води). Більше того, Кодекс звертає увагу на проектування, будівлю, експлуатацію суден і навчання екіпажа основам охорони навколишнього середовища й проведення пошуково-рятувальних операцій.

Міжнародний кодекс для суден, які експлуатуються в полярних водах (Polar Code) розглядає два напрямки в судноплавстві: безпека судноплавства й захист навколишнього середовища в полярних районах світового океану. У зв'язку із чим, Організація внесла відповідні виправлення в Міжнародні конвенції SOLAS 74 і МАРПОЛ 73.

У травні 2014 року, Комітет ИМО по безпеці на море (MSC), схвалив Введення й Частину I Полярного кодексу (Polar Code), відносно положень про безпеку, поряд із проектом нової глави XIV Міжнародної конвенції по охороні людського життя на море (SOLAS 74) «Заходи безпеки для суден, що працюють в полярних водах».

Під час 94-ї сесії MSC, що пройшла в листопаді 2014 року, був прийнятий Полярний кодекс (Введення і Частина I) - законодавчий акт, спрямований на поліпшення безпеки роботи суден та їх екіпажів в полярних регіонах. Також MSC прийняв відповідні виправлення до Міжнародної конвенції по охороні людського життя на море (глава XIV SOLAS 74 "Заходу безпеки для суден, що працюють у полярних водах" - преамбула, Введення й Частина I А).

На 68-й сесії Комітету із захисту морського середовища ІМО (МЕРС) у травні 2015 року були прийняті екологічні положення Полярного кодексу (Polar Code). Також МЕРС схвалив виправлення до Міжнародної конвенції по запобіганню забруднення із суден (МАРПОЛ) щодо полярних вод.

Екологічні положення в Кодексі (Частину II) містять додаткові вимоги до тем, які вже втримуються в Конвенції МАРПОЛ і які повинні застосовуватися до суден, що плавають у полярних водах.

Прийняті виправлення до SOLAS 74 і МАРПОЛ 73 роблять Полярний кодекс обов'язковим для виконання.

Виправлення до Конвенцій СОЛАС-74 і МАРПОЛ, що ставляться до регламентації вимог до суден, що здійснюють морські перевезення в полярних районах, а так само й сам Polar Code набули чинності 1 січня 2017 року.

Це знаменує історичну віху в роботі Організації по захисту людей, безпеки судноплавства й схоронності вантажів на борті у твердих районах Арктики й Антарктики.

Вимоги до технічного стану суден розроблені виходячи з таких факторів як:

1) Низька температура навколишнього середовища
2) Лід
3) Особливості часу доби (тривала полярна ніч і тривалий полярний день)
4) Далекість
5) Висока чутливість навколишнього середовища до забруднень.

Статті Полярного кодексу розглядають структуру розподілу суден на 3 категорії, відповідно до конструкції, залежно від можливості їх експлуатації в умовах однолітнього льоду середньої товщини, тонкого однолітнього льоду, окремих крижин. Також установлюють фактори небезпеки, здатні вплинути на роботу судна зазначені вище.

Вимоги кодексу по лінії Комітету із захисту морського середовища спрямовані на:

1) Запобігання забруднення нафтопродуктами.

2) Запобігання забруднення небезпечними рідкими речовинами.

3) Запобігання забруднення стічними водами.

4) Запобігання забруднення сміттям.

Полярний кодекс є обов'язковим нормативним актом.

Всі судна, які експлуатуються в полярних водах, зобов'язані пройти огляд і сертифікацію на предмет відповідності вимогам Полярного кодексу.

Після проходження всіх обов'язкових процедур, судно одержить Полярний сертифікат, який засвідчує, що судно належним чином оглянуте й задовольняє всім вимогами Полярного кодексу.

До Полярного сертифіката додається перелік обладнання. За підсумками огляду після проходження всіх обов'язкових процедур, судно одержує Полярний сертифікат, який засвідчує, що судно належним чином оглянуте й задовольняє всім вимогами Полярного кодексу. У Полярному сертифікаті вказується назва судна, його позивні, порт приписки, валова місткість і индификационный номер ИМО.

До Полярного сертифіката додається відповідний перелік устаткування.

Існуючим судам необхідно буде підтвердити відповідність положенням Кодексу не пізніше першого проміжного або огляду, що відновляє, після 1 січня 2018 р.

Судна льодового класу А - відповідні до полярних класів PC1-5 або еквівалентним - зобов'язано використовувати в рейсі супутникові льодові карти.

Судна з льодовим класом В, що підходять для плавання переважно в умовах однолітнього льоду різни х стадій розвитку - повинні включати супутникові льодові карти.

Судна з льодовим класом С повинні обов'язково включати приймання супутникових карт району плавання.

Полярний кодекс є першим обов'язковим законодавчим документом, який охоплює повний спектр питань, що стосуються проектування; будівництва; конструкції й устаткування суден; плавання в полярних водах, а також питання навчання екіпажів, операційні й тренувальні питання; питання пошуку й порятунку; питання захисту унікального середовища й екосистем полярних регіонів; розглядаються конкретні потенційні небезпеки, можливі в арктичних і антарктичних умовах [1].

З 1 січня 2017 року вимоги нового документів застосовуються до нових суден, побудованих після цієї дати. Судна, побудовані раніше 2017 року, повинні бути наведені в стан, що відповідає новим вимогам вчасно першого техогляду після 1 січня 2018 року.

Кодекс є обов'язковим нормативним актом для всіх суден валовою місткістю понад 500 р. т. і пасажирських суден, що експлуатуються в полярних водах, крім суден, які використовують для урядової некомерційної служби [2].

Кодекс встановлює межі полярних вод.

Кодекс визначає джерела небезпеки при роботі в полярних водах, зокрема, недостатність повної і точної гідрографічної інформації, підвищену чутливість до забруднення навколишнього середовища і т. д.

Полярний кодекс розроблений за традиційною структурою: преамбула, вступ, дві частини, де викладено обов'язкові до виконання вимоги: преамбула, вступ, дві частини, де викладено обов'язкові до виконання вимоги - Частина I-A "Заходи безпеки" та Частина II-A «Заходи попередження забруднення». Крім того до кожної з них додано рекомендаційні частини: Частина I-B «Додаткові керівні вказівки щодо положень Введення та Частини I-A» і Частина II-B «Додаткові керівні вказівки щодо положень Введення і Частини II-A» [1].

У преамбулі йдеться про цілях, задачах і впровадженні Полярного кодексу.

Ціль доповнити існуючі документи ИМО для підвищення безпеки експлуатації суден і зм'якшення впливу цієї експлуатації на людей і навколишнє середовище у віддалених, уразливих і потенційно небезпечних полярних водах.

Кодекс визнає, що експлуатація полярних вод може викликати Додаткові вимоги відносно конструкції суден, їх систем і правил експлуатації, що виходять за рамки існуючих вимог Міжнародної Конвенції по охороні людського життя на море (СОЛАС) 1974 року з виправленнями, Міжнародної Конвенції по запобіганню забруднення із суден (МАРПОЛ) 1973 року з виправленнями, інших відповідних, що мають обов'язкову силу документів ИМО.

Кодекс визнає, що полярні води вводять додаткові навігаційні вимоги крім тих, з якими звичайно зустрічаються. У багатьох районах у цей час покриття карти може виявитися недостатнім для прибережного судноплавства.

Кодекс також визнає, що прибережні полярні екосистеми уразливі для людської діяльності, такої як експлуатація суден [1]/

Взаємозв'язок між додатковими заходами безпеки і захистом навколишнього середовища визнаний як захід безпеки і прийнята для зниження ймовірності аварій, що принесе значну користь навколишньому середовищу.

Хоча Кодекс Polar призначений для застосування, як в Арктиці, так і в Антарктиці, але експлуатація суден у цих районах, і самі Арктичні й Антарктичні води мають істотні відмінності. Тому при розробці Кодексу були прийняті в увагу правові й географічні відмінності між цими двома районами.

Основні принципи розробки Кодексу Polar полягають у тому, щоб використовувати ризик-орієнтований підхід при визначенні сфери охоплення й застосовувати цілісний підхід при зниженні виявлених ризиків.

У передмові сказано, що мета цього Кодексу полягає в забезпеченні безпечної експлуатації суден і захисту полярного середовища шляхом усунення ризиків, які існують в полярних водах, і їх зниження з допомогою інших інструментів Організації.

Далі розглядаються визначення й терміни, що використовуються в Кодексі.

Частина I-А "Заходи безпеки" Полярного кодексу висвітлює перелік вимог по безпеці суден полярного плавання, що втримуються в прийнятої Комітетом ИМО по безпеці на море першої частини Міжнародного кодексу для суден, що експлуатуються в полярних водах.

Ця частина Полярного кодексу складається із глав, що регламентують зазначені нижче питання.

Розділ 1. Загальні положення.

Складається з мети глави, функціональних вимог для виконання мети й правил. Уведені визначення. Зазначені питання: обстеження й сертифікації, стандарти діяльності, оперативної оцінки. Викладені функціональні вимогам до суден, що експлуатуються в полярних водах.

Розділ 2. Наставляння по експлуатації в полярних водах (НЭПВ).

Ціль цієї глави полягає в тому, щоб надати власникові, операторові, капітанові й екіпажу достатню інформацію про експлуатаційні можливості й обмеженнях судна для підтримки процесу прийняття ними розв'язків. Крім того викладені функціональні вимоги й нормативно-правові акти.

Розділ 3. Конструкція судна.

У цій главі викладені питання забезпечення вимог будівництва, схоронності корпусу й елементів конструкції в складних умовах полярних вод.

Розділ 4. Остійність і розподіл на відсіки.

У главі викладене забезпечення стабільності морехідних якостей судна, як у неушкоджених, так і в ушкоджених умовах. Вимоги до запобігання пробоїн, збереженню остійності при ушкодженнях або льодовому навантаженні.

Розділ 5. Водонепроникність і бризконепроникність.

Мета цієї глави - забезпечення заходів щодо підтримки водонепроникності, бризкозахищеності і цілісності в льодових та снігових умовах плавання. Вимоги до поділу на водонепроникні відсіки та водонепроникних закритій (двері, люки, обладнання для їх закриття і т. д.).

Розділ 6. Механічні установки.

Розглянуті вимоги до механізмів, що забезпечують безпечне функціонування судна.

Розділ 7. Пожежна безпека й протипожежний захист.

Викладені вимоги: до пожежної безпеки суден у полярних регіонах; правила забезпечення ефективності й працездатності систем і приладів пожежної безпеки; можливість використання засобів евакуації, так щоб особи, що перебувають на борті, могли безпечно й швидко прибути на палубу посадки в рятувальні шлюпки й плоти відповідно до очікуваних умов навколишнього середовища.

Розділ 8. Рятувальні засоби й обладнання.

Розглянуті питання безпеки, евакуації й виживання в море, устаткування суден рятувальним майном, вимоги до його обладнання.

Розділ 9. Безпека судноплавства.

Викладені вимоги до безпечної навігації й додатковому встаткуванню суден для роботи в полярних районах.

Розділ 10. Функціональні вимоги. Повідомлення.

Викладені вимоги до зв'язку й повідомленням із суден при нормальному функціонуванні й у випадку нещастя.

Розділ 11. Планування рейсу.

Розглянуті особливості планування маршрутів у полярних районах. Ціль справжньої глави полягає в забезпеченні того, щоб компанії, капітанові й екіпажу надавалася достатня інформація, що дозволяє здійснювати операції з винним обліком безпеки для судна й осіб на борті й, у відповідних випадках, охорони навколишнього середовища.

Розділ 12. Комплектування й навчання

Викладені вимоги до обслуговування, тренувань і сертифікації, забезпеченню належного комплектування суден, що працюють у полярних водах, належним чином кваліфікованим, навченим і досвідченим персоналом.

У Частині I-B - Polar Code «Додаткові провідні вказівки щодо положень Введення й Частини I-A», зазначені додаткові рекомендації до умов і обмежень при експлуатації суден у полярних широтах для кожної глави Частини I-A Кодексу.

У Частині II-A « Запобіжний заходу щодо забруднення» викладені екологічні положення Полярного кодексу.

У Кодексі втримуються додаткові вимоги до тем, які вже втримуються в Конвенції МАРПОЛ і які повинні застосовуватися до суден, що плавають у полярних водах. У зв'язку з тим, що Антарктида вже виділена в якості особливого району відповідно до Додатків I і V МАРПОЛ, що містять строгі обмеження на викиди, Полярний кодекс спрямовано на поширення багатьох із цих положень на область Арктики.

Частина II-A «Заходи попередження забруднення» Полярного кодексу включає вимоги, які викладені в 5 главах.

Розділ 1. Запобігання забруднення нафтою.

1.1 Експлуатаційні вимоги.

1.1.1 Будь-яке скидання нафти або нафтовмісних сумішей у море з будь-якого судна в арктичних водах заборонений.

1.1.2 Положення пункту 1.1.1 не застосовуються до скидання чистого або ізольованого баласту.

1.1.3 Судно категорії "A", побудоване до 1 січня 2017 року, яке не здатне відповідати пункту 1.1.1 відносно нафти або нафтовмісних сумішей, які акумулюються у машинних приміщеннях, і яке безупинно експлуатується в арктичних водах протягом більш 30 доби, повинне відповідати пункту 1.1.1 не пізніше дати першого проміжного або огляду, що відновляє, дивлячись по тому, що відбудеться раніше, через один рік після 1 січня 2017 року, що є предметом схвалення Адміністрацією. До такої дати ці судна повинні відповідати вимогам до скидання, викладених у правилі 15.3 Додатка I до МАРПОЛ.

1.1.4 Експлуатація в полярних водах повинна бути належним чином відображено в журналах нафтових операцій, наставляннях і судновому плані надзвичайних заходів по боротьбі із забрудненням нафтою або судновому плані надзвичайних заходів по боротьбі із забрудненням моря, необхідних згідно Додатком I до МАРПОЛ.

1.2 Вимоги до конструкції.

1.2.1 Для суден категорій "А" і "В", побудованих 1 січня 2017 року й пізніше, що мають сукупну ємність паливних цистерн менш 600 м^3, паливні цистерни повинні розташовуватися на відстані не менш 0,76 м від зовнішньої обшивки корпусу судна. Це положення не поширюється на невеликі паливні цистерни, кожна з яких має максимальну місткість, що не перевищує 30 м^3 .

1.2.2 Для суден категорій "А" і "В" інших, чому нафтові танкери, побудованих 1 січня 2017 року й пізніше, усі вантажні танки, спроектовані й використовувані для перевезення нафти, повинні бути відділені не менш, чим на 0,76 м від зовнішньої обшивки корпусу судна.

1.2.3 Для нафтових танкерів категорій "А" і "В" дедвейтом менш 5000 т, побудованих 1 січня 2017 року й пізніше, вантажні танки по всій їхній довжині повинні бути захищені:.1 відсіками подвійного дна або просторами, що відповідають застосовним вимогам правила 19.6.1 Додатка I к МАРПОЛ; и.

2 бортовими танками або просторами, що мають обладнання, що відповідає правилу 19.3.1 Додатка I к МАРПОЛ, що й відповідають застосовним вимогам до відстані, зазначеної в правилі 19.6.2 Додатка I к МАРПОЛ.

1.2.4 Для суден категорій "А" і "В", побудованих 1 січня 2017 року й пізніше, усі цистерни для залишків нафти (шламу) і для змісту льяльних вод повинні відстояти від зовнішньої обшивки на відстань не менш 0,76 м. Це положення не застосовується до невеликих цистерн, що мають окремо максимальну місткість, що не перевищує 30 м^3 .

Розділ 2. Запобігання забруднення шкідливими рідкими речовинами що перевозяться наливом.

2.1 Експлуатаційні вимоги

2.1.1 Будь-яке скидання в море шкідливих рідких речовин (ШЖВ) в арктичних водах або сумішей, що містять такі речовини, заборонений.

2.1.2 Експлуатація в полярних водах повинна бути належним чином відображено в Журналі операцій з вантажами, Керівництві й судновому плані надзвичайних заходів по боротьбі із забрудненням моря шкідливими рідкими речовинами, або в судновому плані надзвичайних заходів по боротьбі із забрудненням моря, необхідних Додатком II до МАРПОЛ.

2.1.3 Для суден категорій "А" і "В", побудованих 1 січня 2017 року й пізніше, перевезення ШЖВ, зазначених у главі 17, стовпець "e", як тип судна 3, або ідентифікованих як ВЖВ у главі 18 Міжнародного кодексу по конструкції й устаткуванню суден, що перевозять небезпечні хімічні вантажі наливом у вантажних танках суден типу 3, повинна стати предметом схвалення Адміністрації. Результати повинні бути відбиті в Міжнародному свідченні про запобігання забруднення для перевезення наливом шкідливих рідких речовин, або у Свідченні про придатність судна до перевезення полярних водах, що вказують експлуатацію в.

Розділ 3. Запобігання забруднення небезпечними речовинами, перевезеними в море в упакованому виді.

Розділ 4. Запобігання забруднення стічними водами із суден.

4.1 Визначення.

4.1.1 Побудоване судно " означає судно, кіль якого закладений або яке знаходиться в подібній стадії будування.

4.1.2 Шельфовий льодовик означає крижаний покрив значної товщини, що знаходиться на плаву, піднімається на 2-50 м або більше над рівнем моря, та скріплений з берегом*.

* Див. Номенклатуру морського льоду.

4.1.3 Припай означає морський лід, який утворюється і залишається нерухомим уздовж узбережжя, де він прикріплений до берега, до крижаної стіни, до крижаного бар'єру, між мілинами або, що сіли на мілину айсбергами*.

* Див. Номенклатуру морського льоду.

4.2 Експлуатаційні вимоги

4.2.1 Скидання стічних вод в межах полярних вод заборонений, якщо він не проводиться згідно з додатком IV до МАРПОЛ і наступними вимогами:

.1 судно здійснює скидання стоків які подрібнені та дезінфіковані згідно правила 11.1.1 Додатка IV до МАРПОЛ на відстані більше 3 морських миль від будь-якого шельфового льодовика або припаю, і настільки далеко, наскільки це практично здійснено, від районів з концентрацією льоду яке перевищує 1/10; або

.2 судно здійснює скид стоків, які не пройшли подрібнення і дезінфекцію відповідно до правила 11.1.1 Додатка IV до МАРПОЛ, на відстані 12 морських миль від будь-яких шельфового льодовика або припаю, і настільки далеко, наскільки це практично здійснено, від районів з концентрацією льоду яка перевищує 1/10; або

.3 судно має схвалену функціонуючу установку обробки стічних вод*, сертифіковану Адміністрацією для забезпечення відповідності експлуатаційним вимогам, які містяться у правилі 9.1.1 або 9.2.1 Додатку IV, та здійснює скидання стоків відповідно до правила 11.1.2 Додатку IV; при цьому воно повинно знаходитися настільки далеко, наскільки це практично здійснено, від найближчого берега, від будь-якого шельфового льодовика або припаю, і від районів з концентрацією льоду яка перевищує 1/10.

* Див. резолюції МЕРС.2(VI), МЕРС.159(55) або МЕРС.227(64), що застосовано.

4.2.2 Скидання стічних вод в море заборонений з судів категорій "А" і "В", збудованих 1 січня 2017 року і пізніше, і з усіх пасажирських суден, збудованих 1 січня 2017 року і пізніше, якщо таке скидання не відповідає пункту 4.2.1.3 цієї глави.

4.2.3 Незважаючи на вимоги пункту 4.2.1, Судна категорій "А" і "В", що експлуатуються в районах з концентрацією льоду яка перевищує 1/10, протягом тривалих періодів часу, можуть здійснювати скидання тільки з використанням схваленої установки обробки стічних вод, сертифікованої Адміністрацією для забезпечення відповідності експлуатаційним вимогам правил 9.1.1 або 9.2.1 Додатка IV. Таке скидання повинен бути предметом схвалення Адміністрацією.

Глава 5 - Запобігання забруднення сміттям із суден

5.2 Експлуатаційні вимоги

5.2.1 Скидання сміття в море в арктичних водах, дозволений відповідно до правила 4 Додатка V до МАРПОЛ, повинен відповідати наступним додатковим вимогам:

.1 скидання харчових залишків дозволяється лише тоді, коли судно знаходиться настільки далеко, наскільки це практично здійснено, від районів з концентрацією льоду, що перевищує 1/10, але в будь-якому випадку не менше ніж у 12 морських миль від найближчого берега, найближчого шельфового льодовика або найближчого припая;

.2 харчові залишки повинні бути подрібнені або перемелені і повинні проходити через решітку з отворами розміром не більше 25 мм. Залишки їжі не повинні бути змішані з будь-яким іншим типом відходів;

.3 харчові залишки не повинні скидатися на лід;

.4 скидання туш тварин заборонений;

.5 скидання залишків вантажу, які не можуть бути доступні з використанням методів загального вжитку розвантаження, дозволяється лише тоді, коли судно знаходиться в дорозі, і якщо задоволені всі з перерахованих нижче умов:

.1 залишки вантажу, миючі засоби або добавки, що містяться в промивних трюмних водах, не містять будь-яких речовин, класифікованих як шкідливі для морського середовища, з урахуванням Посібника, розробленого Організацією;

.2 порт виходу судна і наступний порт призначення знаходяться в межах арктичних вод, і судно не вийде за їх межі при проходженні між цими портами;

.3 в цих портах не є відповідають вимогам приймальних споруд, беручи до уваги Керівництво, розроблене Організацією; в. 4 якщо умови підпунктів 5.2.1.5.1, 5.2.1.5.2 і 5.2.1.5.3 цього пункту були задоволені, скидання промивних вод з вантажного трюму, що містять залишки вантажу, має провадитися настільки далеко, наскільки це практично здійснено, від районів з концентрацією льоду, що перевищує 1/10, але в будь-якому випадку не менше ніж у 12 морських миль від найближчого берега, найближчого шельфового льодовика або найближчого припая.

5.2.2 В районі Антарктики скидання сміття в море, дозволений у відповідності з правилом 6 Додатка V до МАРПОЛ, повинен відповідати наступним додатковим вимогам:

.1 скидання у відповідності з правилом 6.1 Додатка V до МАРПОЛ повинен здійснюватися настільки далеко, наскільки це практично здійснено, від районів з концентрацією льоду, що перевищує 1/10, але в будь-якому випадку не менше ніж у 12 морських миль від найближчого припая;

.2 харчові залишки не повинні скидатися на лід.

5.2.3 Експлуатація в полярних водах повинна бути належним чином врахована в Журналі реєстрації операцій зі сміттям, Планом поводження зі сміттям і на плакатах, необхідних Додатком V до МАРПОЛ.

У Частині II-Plan Code «Додаткові керівні вказівки щодо положень Введення і Частини II-A.» вказані додаткові рекомендації до умов та обмежень при експлуатації суден у полярних широтах для кожної Частини голови II-A Кодексу.

Висновки.

Судна, що працюють у полярних водах, попадають під дію Полярного кодексу, який набуває чинності з 1 січня 2017 року.

Для відповідності новому Кодексу крім технічних вимог також повинні розглядатися й експлуатаційні аспекти.

Найважливішою умовою готовності відповідності є підготовка екіпажа.

Полярний кодекс визначає, хто й на якому судні повинен мати певну кваліфікацію. У нормальних умовах плавання в полярних районах потрібно, щоб навігаційні вахтові офіцери, включаючи капітана, пройшли підготовку й одержали базовий або розширений сертифікат.

Вимоги розділені по типах суден і умовам місцевості, де вони працюють. Залежно від того, чи танкер це, пасажирське судно, інший тип судна й чи ходить судно у вільні від льоду умовах, або в «відкритих водах» (води для судноплавства, у яких зміст морського льоду не перевищує 1/10) або в «інших водах» (не стосовні до двом вище згаданим категоріям), пред'являються різні вимоги до навчання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРА ТУРИ

1. Міжнародний кодекс для суден, що експлуатуються в полярних водах (Plan Code).
2. Резолюція MSC.385(94) Прийнято 21 листопада 2014 року.
3. Резолюція MEPC.264(68)*. Прийнято 15 травня 2015 року.
4. Міжнародна конвенція по охороні людського життя на море («SOLAS 74, International Convention for the Safety of Life at Sea»)
5. Міжнародна конвенція по запобіганню забруднення із суден (англ. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, MARPOL 73/78).
6. Праці Морського кадрового агентства Topsail.

УДК 532.591

Копейка П.И., Слободянюк Н.В.
Институт Военно--Морских Сил
Национального университета «Одесская морская академия»

Математическое моделирование элементов волновой электростанции карусельного типа

Развитие мировой энергетики в последнее время все больше ориентируется на экологически чистых технологиях, основанных на возобновляемых источниках энергии, к которым относятся энергия ветра, солнечная энергия, энергия морских волн.

Статистика, проводимая экспертной группой IB Centre за вторую половину 2017 года показывает, что в Украине построено 79 новых объектов солнечной и ветровой энергетики, малой гидроэнергетики и электростанций на биогазе сумарной мощностью 1461.7 МВт [1].

Нами разработан волновой гидродинамический привод карусельного типа, который приводится во вращение морскими волнами и посредством редуктора вращает в одном направлении вал генератора электрического тока (патент № 115685) [2]. Это устройство состоит из полупроницаемых желобов, закрепленных на карусели по радиусам и при набегании волны под действием силы тяжести и волнового давления на дно полупроницаемого желоба, образует вращающий момент одного направления.

Для того чтобы оценить силу, действующую со стороны волны на дно желоба карусели, первоначально рассмотрена плоская задача о силовом воздействии морской волны на наклонную плоскую поверхность, составляющую с осью ох угол β (рис.1).

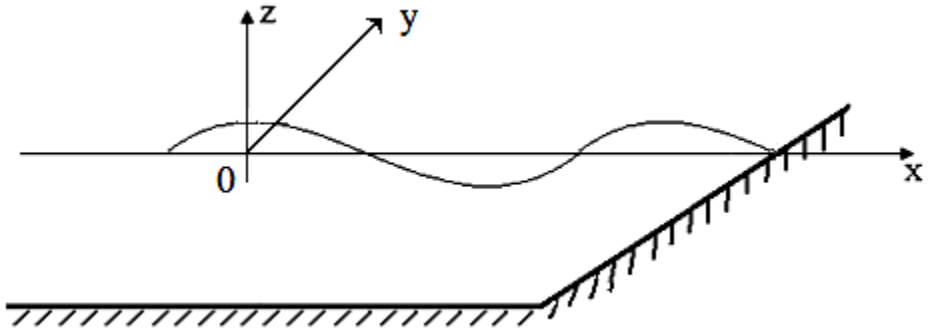


Рис.1. Набегание морской волны на наклонную поверхность

Движение жидкости (уравнения Эйлера) описывается системой уравнений гидродинамики в форме Эйлера, выражающей законы сохранения массы и импульса [3]

$$\frac{\partial v_x}{\partial x}+\frac{\partial v_z}{\partial z}=0 \qquad (1)$$

$$\frac{\partial v_x}{\partial t}+v_x\frac{\partial v_x}{\partial x}+v_z\frac{\partial v_x}{\partial z}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} \qquad (2)$$

$$\frac{\partial v_z}{\partial t}+v_x\frac{\partial v_z}{\partial x}+v_z\frac{\partial v_z}{\partial z}=-g-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} \quad , \qquad (3)$$

где v_x , v_z- проекции скорости на оси x, z, p – давление, g - ускорение свободного падения.

Уравнения (1) – (3) представляют замкнутую систему трех дифференциальных уравнений в частных производных относительно трех неизвестных функций v_x , v_z , p.

Так как движение неустановившееся, то должно быть известно начальное поле скоростей и давление

$$v_x = f_1(x, y, z), \quad v_z = f_2(x, y, z), \quad \rho = f_3(x, y, z) \qquad \text{при } t = 0, \qquad (4)$$

В идеальной жидкости в качестве граничного условия на твердой стенке принимаются условия непротекания. Сущность этого условия состоит в том, что нормальная составляющая скорости v_n на твердой неподвижной поверхности S отсутствует, т.е.

$$\upsilon_n / S = 0$$

Показано, что волновые движения жидкости являются безвихревыми и следовательно потенциальными, т.е. существует такая скалярная функция φ(x, z, t), что $\overline{\upsilon} = grad\,\varphi$ или $\upsilon_x = \frac{\partial \varphi}{\partial x}$, $\upsilon_z = \frac{\partial \varphi}{\partial z}$

Подставляя υ_x, υ_z в уравнение (3), получаем для определения функции φ уравнение

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0 \qquad (5)$$

Для определения давления p используется интеграл Лагранжа, который является следствием уравнений (1) – (3)

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{1}{2}\upsilon^2 + \frac{1}{\rho}P + gz = D(t), \qquad (6)$$

На дне выполняются условия

$$\upsilon_z = \frac{\partial \varphi_1}{\partial z} = 0 \qquad \text{при} \qquad z = -H$$

На свободной поверхности нужно удовлетворить динамическое условие равенства гидродинамического р и атмосферного p_0 давлений.

$$(P)|_{z=\zeta} = P_0 \qquad (7)$$

Кроме того, при $z = \zeta$ требуется выполнение кинематического условия, состоящего в том, что нормальные составляющие скоростей перемещения любой точки свободной поверхности и частицы жидкости, находящейся в этой же точке, должны совпадать.

Т.к. на свободной поверхности $(P)|_{z=\zeta} = P_0$, то имеет место соотношение

$$\left(\frac{\partial \varphi}{\partial z}\right)_{z=\zeta} = \frac{\partial \zeta}{\partial t} + v_x \frac{\partial \zeta}{\partial x} \qquad (8)$$

Трудность удовлетворения двух последних условий состоит прежде всего в том, что функция $\zeta(x, t)$, входящая в эти условия, неизвестна и должна быть определена в процессе решения задачи.

Рассмотрим задачу о волновом процессе в бассейне бесконечной глубины. Потенциал скорости будем искать в виде

$$\varphi = \Phi(z)sin\,(kx - \sigma t), \qquad (9)$$

Подставляя это выражение φ в уравнение (13), получаем

$$(\Phi'' - k^2\Phi)sin\Theta = 0, \qquad (10)$$

где $\Theta = kx - \sigma t$.

Так как $sin\Theta$ не равен тождественно нулю, то для выполнения (10) необходимо обращение в нуль выражения в круглой скобке, т.е.

$$\Phi'' - k^2\Phi = 0 \qquad (-H \le z \le 0)$$

Решение этого уравнения можно записать в виде

$$\Phi(z) = Ae^{kz} + Be^{kz}, \qquad (11)$$

Рассмотрим бассейн бесконечной глубины. В этом случае $\upsilon_z = \frac{\partial \varphi}{\partial z} \to 0$ при $z \to -\infty$, т.е. $\Phi' \to 0$ при $z \to -\infty$, тогда В = 0.

Таким образом, для потенциала скорости φ получаем выражение

$$\Phi = A \cdot e^{kz} sin\Theta, \qquad \text{где} \quad \Theta = kx - \sigma t, \qquad (12)$$

которое удовлетворяет соотношению на дне, но еще не удовлетворяет соотношению на свободной поверхности. Подставляя (12) в кинематическое условие на свободной поверхности

получим $$\left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2}+g\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)_{z=0}=0$$

$$(gk-\sigma^2)\cdot A\sin\Theta=0$$

т.е. $$\sigma^2=g\cdot k\,, \qquad (13)$$

Как видно, волновое движение с потенциалом скорости (12) возможно только при σ и k, связанных соотношением (13) и произвольном значении A.

Используя (12), для профиля свободной поверхности получаем уравнение

$$\zeta=\frac{A\sigma}{g}\cos\Theta$$

где*: A*– амплитуда волн, Θ – фаза волны, k и σ – волновое число и частота, связанные с длиной волны λ и периодом τ соотношениями

$$k=\frac{2\pi}{\lambda}, \qquad \sigma=\frac{2\pi}{\tau}$$

Запишем выражения для составляющих скорости движения частиц жидкости в волновом процессе:

$$\upsilon_x=\frac{\partial\varphi}{\partial x}=aKe^{kz}\cos\theta\,, \qquad \upsilon_z=\frac{\partial\varphi}{\partial z}=aKe^{kz}\sin\theta$$

Распределение давлений в прогрессивной волне можно записать в виде

$$P=P_0-\rho\cdot g\cdot z+\rho\cdot a\cdot g\cdot e^{kz}\cos\Theta$$

Вычисленная выше частота колебаний жидкости и распределение давлений на гидродинамическом приводе карусельного типа определяют угловую скорость вращения генератора электрического тока.

Для определения изменения давления Δp при гидравлическом ударе о полупроницаемый желоб карусельного типа воспользуемся законом изменения количества движения жидкости $\frac{\partial Q_{ж}}{\partial t}=F$. Применив его к элементарному объему, имеющему длину dL, в котором за промежуток времени dt произошла остановка жидкости относительно короба.

Здесь $Q_ж$ вектор количества движения жидкости в рассматриваемой элементарной трубке тока. $$dQ_{ж}=\rho S\cdot dL\cdot v_{ср}$$

Тогда закон количества движения запишется в виде

$$\frac{dL\cdot\rho S v_{ср}}{dt}=\left(p-p-\Delta p\right)\cdot S$$

Учитывая, что $\frac{dL}{dt}=-C_{уд}$ представляет скорость распространения упругих возмущений в жидкости в направлении противоположном скорости основного течения, получим формулу для вычисления силы, действующей на единицу площади желоба карусельного привода

$$\Delta p=\rho\cdot C_{уд}\cdot\left(v_{ср}\right)_n$$

Где скорость распространения упругих возмущений в жидкости со свободной поверхностью можно определить по формуле

$$C_{уд} = \frac{3\lambda}{T}$$

где λ – длина волны, *T*– период колебаний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материалы информационного сайта Ecotown [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ecotown.com.ua/news/Za-pivroku-v-Ukrayini-bulo-pobudovano-79-novykh-ob-yektiv-vidnovlyuvalnoyi-enerhetyky-potuzhnistyu-1/

2. Матеріали інформаційного сайту Відомості з Державного реєстру патентів України на винаходи: Патент на корисну модель №115685 - "Карусельно-турбінний пристрій з напівпроникливими лопатями хвильової енергетичної установки" [Электронной ресурс]. – Режим доступа : http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=210515&chapter=claim&sid=e17531db190d29f9580738097d8dd052

3. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский.- М. : Наука, 1970 – 630 с.

УДК 621.431.004.13-57

Коштаков В.Д.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Общие положения и структура Сводной Конвенции МОТ о труде в морском судоходстве 2006 г. (MLC)

В феврале 2006 года Международная организация труда подавляющим большинством голосов приняла новый трудовой стандарт в сфере морского судоходства. Новая Конвенция 2006 года о труде в морском транспорте была принята 304 голосами при отсутствии голосов «против» и четырех воздержавшихся на сессии Международной конференции труда по морскому трудовому праву (Женева, 7—23 февраля).

Конвенция была провозглашена Биллем о правах моряков и «четвертым столпом» законодательства морского судоходства наряду с основополагающими конвенциями ИМО – Международно конвенцией по охране человеческой жизни на море (Intemational Convention for the Safety of Life at Sea — SOLAS), Конвенцией о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты (Standards of Training, Certification and Watchkeeping Convention — STCW) и Международной конвенцией по предотвращению загрязнения с судов (Intemational Convention for the Prevention of Pollution from Ships — MARPOL)

Она состоит из пяти частей, где рассматриваются следующие вопросы:

- минимальные требования к морякам на борту судна;
- условия найма;
- жилые помещения, условия для отдыха, обслуживание и питание; охрана здоровья и социальное обеспечение, медицинское и бытовое обслуживание;

• выполнение требований и мониторинг за выполнением.

Новая конвенция призвана содействовать соблюдению капитанами и владельцами судов на всех уровнях норм и стандартов труда.

Речь идет, в том числе, о процедуре подачи моряками на суше и на море жалоб на действия владельцев и капитанов судов, связанные с условиями на этих судах, с юрисдикцией государств флага, а также с осуществлением контроля над вверенными им судами.

Конвенция устанавливает минимальные требования к морякам, работающим на судне, а также определяет требования к условиям их занятости продолжительности рабочего дня и отдыха, проживанию, местам отдыха, питанию, медицинским услугам и социальной защите.

Одно из новшеств конвенции — ее форма и структура, сочетающая обязательные для выполнения юридические нормы с рекомендациями. Эта особенность существенно отличает новый инструмент от традиционных конвенций МОТ. Процедура внесения изменений в новую конвенцию отличается оперативностью. Крайне важно, что новая конвенция устанавливает систему сертификации условий труда моряков.

В соответствии с новым стандартом суда более 500 GT (grosston – длинная или английская тонна 1016 кг), осуществляющие международные рейсы или рейсы между заграничными портами, обязаны иметь на борту Морской трудовой сертификат (Maritime Labour Certificate) и Декларацию соответствия морским трудовым стандартам (Declaration of Maritime Labour Compliance) В декларацию на постоянной основе вносятся планы и меры владельцев судов по выполнению соответствующих национальных законодательных и нормативных актов принятых во исполнение новой конвенции МОТ.

На капитанов, в свою очередь, возлагается обязанность непосредственно осуществлять заявленные судовладельцами меры, а также тщательно документировать все действия, направленные на соблюдение новой конвенции. Государства флага должны анализировать заявленные судовладельцами меры, контролировать и регистрировать их осуществление. Таким образом, создаются рычаги воздействия на тех судовладельцев, которые не соблюдают закон, и освобождаются от давления те, кто закон соблюдает.

Среди других новшеств конвенции — ускоренная процедура внесении изменений в технические требования в соответствии с потребностями сектора; процедура представления моряками жалоб на суше и на море, призванная по возможности ускорить их рассмотрение; увязывание системы подачи жалоб и инспекции с прекрасно налаженной в МОТ системой контроля за исполнением норм и стандартов; положение о том, что в случае делегирования государством флага отдельных функций инспекции и исполнения конвенции уполномоченной организации (например, классификационному обществу) такая организация должна будет отвечать требованиям независимости и профессиональной компетенции; наконец, подход к охране труда на основе новых принципов управления.

Конвенция объединяет и приводит в соответствие с требованиями сегодняшнего дня положения 68 действующих конвенций и рекомендаций МОТ в

области морского трудового права, начиная с 1920 года. Государства, не ратифицировавшие новую конвенцию, должны будут по-прежнему выполнять положения более ранних конвенций, к которым они присоединились. При этом более ранние конвенции будут закрыты для дальнейшей ратификации

Разработчики конвенции предприняли немало усилий для того, чтобы обеспечить оптимальное сочетание твердых требований и гибких подходов с тем, чтобы сделать положения нового инструмента максимально приемлемыми для всех стран, занятых в судоходстве.

Конвенция применяется (за исключением случаев, когда прямо не предусмотрено иное) ко всем судам, находящимся в государственном или частном владении, которые занимаются коммерческим морским судоходством, за исключением: судов, занятых рыбным или аналогичным промыслом, и судов традиционной постройки, таких, как плоскодонные шлюпки и джонки. Требования Конвенции на распространяется на военные и военно-вспомогательные корабли.

Конвенция включает три различных, но взаимосвязанных элемента: Статьи, Правила и Кодекс.

В Статьях и Правилах перечислены важнейшие права и принципы, а также основные обязательства государств, ратифицирующих Конвенцию. Они могут изменяться только Генеральной конференцией Международной организации труда. Кодекс детализирует требования, касающиеся выполнения правил.

Правила и Кодекс сгруппированы в пяти разделах:

Раздел I («Минимальные требования в отношении труда моряков на борту судна») устанавливает минимальные нормы, которые должны быть соблюдены, прежде чем моряки приступят к работе на борту. Моряки должны старше минимального возраста, иметь медицинское свидетельство, удостоверяющее их пригодность по состоянию здоровья к выполнению своих служебных обязанностей, а также иметь надлежащую под готовку и квалификацию. К кадию. Кроме того, моряки должны иметь доступ к эффективной и четко регулируемой системе набора и трудоустройства.

Раздел II («Условия занятости») регулирует условия подписания трудового договора; вопросы заработной платы, продолжительности рабочего времени и времени отдыха, ежегодного отпуска, репатриации, компенсации морякам в случае утраты или затопления судна, укомплектования судов экипажами, развития карьеры, повышения квалификации и возможностей для занятости моряков.

Раздел III («Жилые помещения, условия для отдыха, питание и столовое обслуживание») содержит сведенные воедино нормы, касающиеся жилых помещений для экипажа, вопросов питания и столового обслуживания. Кроме того, здесь зафиксированы требования, касающиеся предупреждения воздействия шума и вибрации в производственных и жилых зонах.

Раздел IV («Охрана здоровья, медицинское обслуживание, социально-бытовое обслуживание и защита в области социального обеспечения») регулирует вопросы медицинского обслуживания на борту судна и на берегу, охраны здоровья, обеспечения безопасности и предупреждения несчастных случаев,

доступа моряков к береговым объектам социально-бытового назначения, социального обеспечения. В числе прочих требований здесь устанавливается ответственность судовладельцев за охрану здоровья и медицинское обслуживание моряков.

Раздел V («Соблюдение и обеспечение выполнения») определяет обязанности государств, ратифицировавших Конвенцию. Раздел содержит три основных Правила.

Правило первое определяет ответственность государства за выполнение Конвенции на судах, плавающих под его флагом, включая установления эффективной системы инспекции и освидетельствования. Правило второе определяет меры государственного портового контроля за иностранными судами и своих портах. Правило третье определяет обязанности государств по набору и трудоустройству моряков, а также в области социального обеспечения моряков, которые являются его гражданами или имеют постоянное место жительства на его территории.

По сравнению с предыдущими конвенциями новым здесь является добавление системы освидетельствования в систему инспектирования, увеличение числа оснований для задержания иностранных судов в портах и прописанная процедура рассмотрения жалоб моряков.

Принципиально новым в Конвенции 2006 года в отличие от предыдущих морских Конвенций МОТ является то, что:

- впервые провозглашается необходимость наличия на борту судна свидетельства о соответствии и декларации о соблюдении трудовых норм в морском судоходстве, что является первичным подтверждением того, что условия труда и быта, организация работ на судне по охране труда и выполнению трудового законодательства соответствуют или являются эквивалентным Конвенции МОТ;
- вступление в силу данной Конвенции имело свои особенности, которые изложены в статье VIII, где говорится в подпункте «3. Настоящая Конвенция вступает в силу через 12 месяцев после даты регистрации документов о ратификации не менее 30 государств – членов, общая доля валовой вместимости торгового флота которых составляет 33 процента»

20 августа 2013 года Сводная конвенция о труде в морском судоходстве вступила в законную силу.

При создании данной Конвенции исходили из основополагающих принципов и прав в сфере труда; понимания того, что моряки нуждаются в особой защите; и принимали во внимание международные нормы в отношении безопасности судов их экипажей и пассажиров; а также стремились к тому, чтобы этот документ был составлен таким образом, чтобы в максимально возможной степени обеспечить его широкую приемлемость для правительств, судовладельцев и моряков, придерживающихся принципов достойного труда, чтобы

она легко поддавалась обновлению и чтобы ее можно было эффективно применять и обеспечивать ее выполнение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон Украины «Про охрану труда» от 14.10.1992р. , Постановление ВРУ №2695-XII с изменениями и дополнениями.

2. Законодательство Украины о охране труда. Сборник нормативных документов в 3-х томах. 1995.

3. Сводная конвенция МОТ о труде в морском судоходстве, 2006г.

4. Иванов Б.Н, Колегаев М.О., Касилов Ю.И., Иванов О.И. Основы охраны труда на морском транспорте. Одесса-2003.

5. Иванов Б.Н. Техника безопасности при ремонтных работах на судах Учебно епособие. М. В/О, «Мортехинформреклама», 199 .

6. Иванов Б.Н. Охрана труда на морском транспорте. М.: Транспорт, 1989.

УДК 159.943

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

Психологічний аспект виживання під час екстремальної ситуації у морі

Щоб вижити, вам необхідні навички виживання, але тільки вони одні вас не врятують. Перш за все вам потрібно правильне ставлення до ситуації. Всі знання в світі втрачають свою цінність, якщо у вас не буде волі до життя. Воля до життя є основний фактор в пікової ситуації. Відомо, що розум може здатися швидше тіла, але з установкою на виживання людина знаходить величезні можливості вибратися. Подумайте про це. Незалежно від того, в якій складній ситуації ви опинилися, пам'ятайте - у вас є необхідні ресурси, щоб подолати будь-які труднощі. Це ваша сила духу і ваші фізичні можливості. Примусьте їх ефективно працювати на себе - і ви досягнете прекрасних результатів.

Але як сконцентрувати свій розум на виживання? Дві великі ризики для життя приховані в нашому власному мозку. Це прагнення до комфорту і пасивне споглядання. Якщо їх вчасно не придушити, вони можуть привести до деморалізації і загибелі. На щастя, з обома цими погрозами може легко впоратися кожен. Прагнення до комфорту є наслідком сучасних міських умов життя. Західні стандарти життя зробили людей зніженими, тому, більшість з них відгороджені від агресії сил природи і навколишнього середовища. Західні люди - можливо, і ви в тому числі - живуть і працюють в теплих, затишних і надійних будівлях, до їхніх послуг висококласна система охорони здоров'я і гарантоване постачання продуктами харчування та водою. В екстремальній ситуації у вас, ймовірно, нічого такого не буде, принаймні спочатку. Ви будете мати у своєму розпорядженні лише одяг, у який ви вдягнений, - ні їжі, ні води, ні притулку. Раптове зникнення звичних комфортних умов, якими ви користувалися не замислюючись, саме по собі є великим ударом по вашому самовладанню і може привести до повної деморалізації. Як же боротися з цим небез-

печним станом розуму, викликаним втратою речей, які ви вважали безумовно необхідними для нормального життя?

По-перше, необхідно для себе з'ясувати, що цінності сучасної цивілізації не принципові для вирішення проблеми виживання. Просто відкиньте їх. Адже можна ж обійтися без делікатесів на обід, телевізора або кондиціонера.

По-друге, вам доведеться зрозуміти, що дискомфорт, який ви відчуваєте, - ніщо в порівнянні з бідами, які звалятся на вас в разі, якщо ви вдастеся смутку і жалю до себе.

Пасивне споглядання також є наслідком залучення до благ цивілізації. Бюрократичне суспільство позбавляє людину від ситуацій, в яких необхідно прийняти критичне для життя рішення. Практично всі рішення, які ми приймаємо, повсякденні і банальні. Ініціатива чахне, і більшість людей схильне до пасивного споглядання. Однак, потрапивши в позаштатну ситуацію, ви зобов'язані будете діяти незалежно, абсолютно самостійно приймати всі рішення. Якщо щось вас тут бентежить, подумайте, що результатом пасивності, нічогонероблення, швидше за все, буде ваша загибель. Альтернативою ж є взяття ситуації під свій контроль і як наслідок - довге життя. Що вам більше подобається?

Не варто ховати себе завчасно, необхідно визначити мету і почати діяти!

Існують і інші вороги вашого виживання, набагато більш матеріальні, і ви повинні застосувати проти них адекватні контрзаходи.

БІЛЬ: це є мова вашого тіла, якою воно вам говорить, що з ним щось не так. Вона дуже заважає вам і може підірвати вашу волю до життя. Але біль легше переносити, якщо ви виявите її джерело і природу, зрозумієте, що це щось, що необхідно подолати, і сконцентруєтесь на інших завданнях. Запам'ятайте, що біль буде здаватися набагато сильніше, якщо ви нічого не робитимете, просто ляжете і будете думати про те, як вам боляче.

ХОЛОД: він уповільнює потік крові і викликає сонливість. Холод також притупляє розум. Це дуже небезпечно, вам необхідно терміново знайти укриття від холоду і розвести багаття.

ЖАЖДА: як і голод, вона притупляє розум. Важливо вміти контролювати кількість споживаної води. Якщо вода в дефіциті, скоротіть споживання їжі, так як вода потрібна вашому організму для самоочищення від харчових шлаків.

ГОЛОД: цей стан може привести до втрати ваги, слабкість, запаморочення, помутніння свідомості, уповільнення серцебиття, підвищеної чутливості до холоду, посиленню спраги. Єдиний спосіб боротьби: прийом їжі.

Особисті якості, необхідні для успішного подолання критичної ситуації:

- Здатність концентрувати розум.
- Здатність імпровізувати.
- Здатність жити на самоті.
- Здатність адаптуватися до ситуації.
- Здатність зберігати спокій.
- Здатність залишатися оптимістом, в той же час готуйся до гіршого.
- Здатність зрозуміти власні страхи, приборкати і подолати їх.

ЗАНЕПАД СИЛ: може призвести до коми. Нею ж можуть закінчитися такі душевні стани, як безнадія, безцільність, апатія. Для людини, що бореться за виживання, необхідний хороший відпочинок.

АПАТІЯ: може закінчитися загубленням інтересу до життя, байдужістю і депресивним станом (особливо при відсутності надії на допомогу ззовні). Для перемоги над апатією вам необхідно усвідомити для себе свій основний пріоритет - вижити - і дати собі звіт в тому, як ті чи інші ваші дії укладаються в основний план виживання.

САМОТНІСТЬ: тривала ізоляція від людей може привести до виникнення почуття самотності, яке, в свою чергу, спричинить за собою відчуття безпорадності і відчаю. Самотність долається постійним заняттям себе якоюсь справою, а також вихованням самодостатності.

ПОЧУТТЯ БЕЗСИЛЛЯ: долається шляхом спрямованості на досягнення корисної і об'єктивно здійсненним мети. Ставте і виконуйте простіші завдання, перш ніж перейти до більш складним. Крім того, вам необхідно правильно оцінювати ситуацію, в якій ви опинилися, і діяти згідно з нею. Не ставте собі недосяжних цілей. І не сидите без справи - працюйте!

НЕ ПАНІКУВАТИ! Якщо ви тільки що пережили корабельну, авіаційну або автомобільну катастрофу, ваш мозок дезорієнтований. Ви можете бути поранені, навколо вас можуть перебувати поранені і мертві люди. Незважаючи на можливу біль або страх, постарайтеся зробити наступні дві речі:

• Вибратися і піти подалі від уламків - цим ви забезпечите себе від поранень і опіків в результаті можливих вибухів і пожежі.

• Як тільки опинитеся у відносній безпеці - припиніть рух! Найгірше, що ви можете зробити, це почати блукання по незнайомій території, особливо вночі. Ви просто заблукаєте і ризикуєте нашкодити собі.

Зупиніться, не панікуйте, озирніться і проаналізуйте ситуацію - чим спокійніше, тим краще. Як тільки ви покинули зону безпосередньої небезпеки, необхідно зайнятися наступними речами:

• Знайдіть собі притулок, де можна посидіти і подумати.

• Подивіться, що вас оточує. Будь-яке місце в світі має свою природу, ритм і організацію. Усвідомте для себе, яка оточує вас середу.

• Оцініть свій фізичний стан: чи є поранення, чи потрібна додаткова одяг, їжу, вода?

• Подумайте про додаткове спорядження, яке вам може бути доступно: чи є в уламках щось, що може вам стати в нагоді, і в якому це стані?

• Не поспішайте, поспіх може призвести до втрати орієнтування, крім того, ви можете забути або втратити що-небудь з вашого спорядження.

Британська САС рекомендує людям, які потрапили в авіаційну катастрофу, безпосередньо після падіння літака виконати наступне: (стандартна процедура, яка виконується в разі аварії літака)

- не залишати місце катастрофи відразу ж, не дивлячись на небезпеку;
- негайно надати першу допомогу нужденним в ній;
- відокремити живих від загиблих;

- врятувати з уламків все, що можна врятувати - спорядження, припаси, одяг, воду;

- скласти приблизне уявлення про географічному місці катастрофи.-Чи не рухатися вночі без крайньої необхідності.

Необхідно пам'ятати, що оцінити ситуацію точно і правильно легше в світлий час.

Тепер вам необхідно продумати план вашого персонального виживання. Хороший план і попередня підготовка дозволять людині, що терпить лихо, подолати труднощі і небезпеки і в кінцевому підсумку залишитися в живих. При складанні плану виживання пам'ятайте, що, якщо ви потрапили в авіакатастрофу або корабля, ваше географічне положення майже напевно було передано в ефір безпосередньо перед катастрофою. Таким чином, рятувальним службам приблизно відомо, де шукати вцілілих. Швидше за все, рятувальники відразу ж або майже відразу приступлять до пошуків. Але вам все ж необхідно прийняти деякі рішення. Не можна просто сидіти і пасивно очікувати порятунку - в проблемі виживання уповайте тільки на себе, а не на інших людей. Для багатьох прийняття рішення є великою проблемою, але це єдиний шлях взяти ситуацію під контроль. Демонстровані вами спокій і впевненість у собі допоможуть знайти ці почуття і вашим товаришам по нещастю, що зробить складання плану легшим - люди завжди йдуть за лідером. Оцінка ситуації - найбільш важливий фактор при складанні плану виживання. Ви повинні бути наскільки можливо об'єктивні і зважувати всі позитивні і негативні аспекти ситуації, в якій опинилися. Наприклад, ви опинилися в Арктиці, в умовах низьких температур, що представляє собою головну загрозу, але при цьому ви не будете відчувати нестачу води - її в надлишку у вигляді снігу і льоду. У тропіках же у вас буде безліч джерел прожитку, але головними вашими ворогами будуть спека і вологість. Основні пріоритети в пікової ситуації є: притулок, вогонь і вода. Якщо у вас є доступ до води і палива для багаття (деревини), значить, у вас є доступ і до матеріалу для будівництва притулку. При наявності всіх трьох пріоритетних факторів ви обживеться в тому місці, куди вас закинули обставини, в найкоротші строки. Ще раз відзначимо, що вкрай важливо добре обміркувати всі аспекти ситуації, в якій ви опинилися. Наприклад, якщо ви потрапили в авіаційну катастрофу, то могли б набрати серед уламків літака матеріал для будівництва притулку, попередньо переконавшись, що не існує ризику вибухів або виникнення пожежі. Пінополіуретановий наповнювач літакових крісел годиться для розпалювання або як утеплювач, наприклад, для ніг. Акумуляторні батареї літака можна використовувати для розпалювання багаття. Шини літакових коліс можуть служити для розведення прекрасного сигнального багаття - чорний густий дим від палаючої гуми помітний на багато кілометрів. Але якщо після катастрофи ви покинете уламки, то позбудетеся всіх цих корисних речей і матеріалів.

Рушати в дорогу або залишатися на місці є важким рішенням для потрапили в біду. Вище перераховані серйозні аргументи на користь того, щоб залишатися на місці.

По-перше, попереджені про катастрофу по радіо пошуково-рятувальні групи будуть знати, де вас шукати.

По-друге, рухаючись, ви станете спалювати занадто багато калорій, піддаватися впливу нових зовнішніх чинників, часто ворожих, будете не в змозі налагодити ефективну систему подачі сигналів - ваша впевненість в собі буде піддана серйозному випробуванню, якщо ви побачите рятувальний літак, але не зможете йому просигналити, - і, нарешті, ви ризикуєте буквально загнати себе до смерті. Але, якщо з яких-небудь причин ви вирішили все ж рушити в дорогу, ваш план порятунку повинен включати в себе наступні пункти:

• Ваш шлях руху.
• Спосіб триматися обраного напрямку.
• Графік руху на кожен день.
• Спосіб подачі сигналів.

Пам'ятайте, що ви повинні в кінці кожного дня залишити собі достатньо часу для того, щоб розбити табір і підготувати сигнальні засоби на випадок прольоту над вами рятувального літака.

Якщо ж ви вирішили залишатися на місці, ваш план порятунку повинен включати в себе наступні пункти:

• Розробка системи подачі сигналів.
• Розташування і структуру вашого табору.
• Пошук найближчого джерела води.
• Визначення вашого харчового раціону.

Виключно важливо з самого початку розробити систему подачі сигналів, так як пошуковий літак може пролетіти над вами в будь-який час і вам треба бути готовим до подачі сигналів в будь-який момент. Тому розбийте табір в безпосередній близькості від сигнальної системи. Для підтримки життя і подальшого повернення до цивілізації вам знадобляться також навички в області медицини.

УДК 159.943

Крайнова В.И
Национальный университет «Одесская морская академия»

Методы имплементации Международной конвенции о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими, 2004 года (BW Convention, 2004)

Суда мирового флота становятся переносчиками водных организмов, содержащихся в балластных водах, что приводит к изменениям в экосистемах морей и океанов и, как следствие, к серьезному экологическому и экономическому ущербу.

Показательный пример – вселение рапаны в Черное море из Японского в середине 60-х годов прошлого века. Со временем рапана уничтожила устриц, а сегодня ее присутствие напрямую угрожает колониям черноморских мидий, которые выполняют одну из важнейших очистительных функций в море. По

некоторым данным, только за последнее десятилетие в Черное море было перенесено около 250 видов различных водных организмов, и на сегодняшний день около 80% обитателей Черного моря являются «мигрантами» из Средиземного моря.

Возрастающее международное значение проблемы переноса морских организмов с водяным балластом привлекло внимание не только отдельных государств, пострадавших от нашествия «пришельцев», но и международных органов, таких, как Международная морская организация (ИМО). Это привело к созданию определенных документов на уровне ИМО.

Комитет ИМО по защите морской среды для частичного решения этой проблемы разработал «Руководство по контролю водяного балласта судов и управлению им для сведения к минимуму переноса вредных водных и патогенных организмов». В ноябре 1997 года Международная морская организация приняла Резолюцию А.868(20). Эта резолюция носит рекомендательный характер, но, несмотря на это, просит правительства предпринять срочные действия по применению Руководства. Долгое время борьба за экологическую безопасность при эксплуатации водного транспорта была сфокусирована на очистке нефтесодержащих вод.

Подготовка и принятие конвенции Решение вопросов очистки балластных вод морских судов началось в 1991 г. с организации Комитета по защите морской среды Международной морской организации (КЗМС ИМО). В 1992 г. прошла конференция ООН по окружающей среде и развитию. В 1993 г. ассамблея ИМО приняла резолюцию А.774 (18) «Руководство по предотвращению внесения нежелательных водных и патогенных организмов в результате сброса с судов водяного балласта и осадков»; в 1997 г. — резолюцию А.868 (20) «Руководство по контролю водяного балласта судов и управлению им для сведения к минимуму переноса вредных водных и патогенных организмов».

В качестве временной меры, действующей в течение переходного периода, было предписано проводить замену судовых балластных вод в открытых районах моря.

Предусмотренный конвенцией переходный период закончился в 2016 г.

8 сентября 2017 года вступила в силу Международная конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими (BWMC). В ближайшие годы около 40 тысяч судов в мире должны быть переоборудованы в соответствии с установленными Международной морской организацией (IMO) нормами.

Вступление документа в силу является важным шагом в борьбе за сохранение окружающей среды. Вступление в силу Конвенции об управлении балластными водами не только сведет к минимуму риск вторжения чужеродных организмов через балластную воду, но и обеспечит четкие и надежные стандарты управления балластными водами на судах, что крайне необходимо судоходству в глобальном масштабе».

Новая конвенция по существу является дополнением к МАРПОЛ 73/78.

Конвенция (Ballast Water Management Convention – BWM-2004) предписывает, что в период с 2009 г. по 2019 г. все суда, имеющие балластные танки и

совершающие международные рейсы, должны быть снабжены специальными системами для обработки судовых балластных вод (механическими, химическими, биологическими и др.), обеспечивающими требуемую минимальную концентрацию жизнеспособных организмов и удаление осадков.

Конвенция включает в себя следующие разделы:

A — общие положения;

B — требования для судов, предъявляемые к управлению и контролю;

C — специальные требования в определенных районах;

D — стандарты управления балластными водами;

E — требования по освидетельствованию и сертификации по управлению балластными водами.

Согласно упомянутой Конвенции суда, построенные до 2009 года:

1) с объемом балластных вод от 1500 до 5000 куб. м осуществляют управление балластными водами, которое отвечает стандарту, описанному в правиле D-1 или в правиле D-2, либо превышает его, до 2004 года, после чего оно отвечает стандарту, описанному в правиле D-2, или превышает его;

2) с объемом балластных вод менее 1500 и более 5000 куб. м осуществляют управление балластными водами, которое отвечает стандарту в правилах D-1 или D-2 до 2006 года, после чего оно отвечает стандарту, описанному в правиле D-2, или превышает его.

Суда, построенные в 2009 году или позднее этой даты, с объемом балластных вод менее 5000 куб. м осуществляют управление балластными водами, которое отвечает стандарту, описанному в правиле D-2, или превышает его.

Суда, построенные в 2012 году или позднее этой даты, с объемом балластных вод 5000 куб. м и более осуществляют управление балластными водами, которое отвечает стандарту, описанному в правиле D-2, или превышает его.

Правилами D-1 и D-2 Конвенции определены следующие стандарты замены судовых балластных вод:

Правило D-1 (Стандарт замены балластных вод)- суда, производящие замену балластных вод в соответствии с настоящим правилом, выполняют это с эффективностью замены балластных вод, составляющей 95% от объема. Прокачка трехкратного объема каждого танка водяного балласта считается равноценной указанному стандарту.

Правило D-2 (Стандарт качества балластных вод)- суда, осуществляющие управление балластными водами в соответствии с настоящим правилом, сбрасывают на 1 куб. м менее 10 жизнеспособных организмов размерами более 50 мкм и на 1 мл менее 10 жизнеспособных организмов размерами менее 50 мкм и более 10 мкм. При этом сброс индикаторных микробов не превышает установленных концентраций, описанных ниже:

.1 токсикогенный вибрион холеры (O1 и O139) с менее чем 1 колониеобразующей единицей (кое) на 100 мл, или менее 1 кое на 1 грамм сырого веса образцов зоопланктона;

.2 кишечную палочку – менее 250 кое на 100 мл;

.3 кишечные энтерококки – менее 100 кое на 100 мл.

В соответствии с Конвенцией все торговые суда обязаны контролировать сброс и обмен балластных вод. Для этого суда необходимо оборудовать системами для очистки балластных вод путем удаления, обезвреживания, предотвращения поступления или сброса морских организмов и патогенов в балластных водах и осадках. С целью реализации требований Конвенции были разработаны два стандарта. Стандарт D-1 означает, что судно будет осуществлять обмен балластных вод в открытом море, на расстоянии не менее 200 морских миль от берега и на глубине не менее 200 м. Стандарт D-2 определяет максимальное количество жизнеспособных организмов, которые могут содержаться в балластных водах.

Новые суда, которые строятся сегодня, должны соответствовать стандарту D-2 уже при спуске на воду. Для построенных ранее судов введен переходный период, в течение которого для них будет действовать стандарт D-1. График внедрения стандарта D-2 на построенных ранее судах основан на дате повторного обследования Международного свидетельства о предотвращении загрязнения нефтью (IOPPC), которое проводится не реже одного раза в пять лет. Суда, построенные до 8 сентября 2017 года, должны соответствовать стандарту D-2, если предыдущее освидетельствование проводилось в период с 8 сентября 2014 по 8 сентября 2017 года. Суда, прошедшие освидетельствование в период 8 сентября 2017 — 8 сентября 2019 года, должны прийти к соответствию стандарту D-2 не позже второго освидетельствования.

Для выполнения стандартов, указанных в правиле D-2, суда по возможности производят замену балластных вод на расстоянии, по меньшей мере, 200 морских миль от ближайшего берега и на глубине, по меньшей мере, 200 метров, принимая во внимание руководство, разработанное организацией.

В случае, когда судно не может произвести замену балластных вод на таком расстоянии и глубине, такая замена должна производиться с учетом руководства и настолько далеко от берега, как это возможно, но не меньше 50 морских миль от ближайшего берега и на глубине не меньше 200 метров. В случае если установленные расстояние от ближайшего берега или глубина не могут быть соблюдены, государство порта назначает районы для замены балластных вод.

Для выполнения указанных требований, так же, как и некоторых других положений Конвенции, организацией должны быть разработаны 10 руководств, касающихся приемных сооружений для осадков с судов, взятия образцов балластных вод, разработки плана управления балластными водами, обмену водяного балласта, по управлению системами обработки балластных вод.

Что касается приемных сооружений, то, согласно статье 5 Конвенции, каждая сторона обязуется как можно скорее обеспечить, чтобы в портах и на терминалах, где производится очистка или ремонт балластных танков, имелись достаточные приемные сооружения для осадков.

Отдельный раздел Конвенции содержит требования к освидетельствованию и выдаче свидетельств в отношении управления балластными водами, а в приложении к Конвенции приводится форма Международного свидетельства об управлении балластными водами, которые будут оформляться для судна

организациями, одобренными Морской администрацией флага. Также все суда, подпадающие под действие Конвенции, должны будут иметь планы управления балластными водами и журналы операций с балластными водами.

В обязанности государства порта также входит осуществление проверок судов, согласно устанавливаемым процедурам, на соответствие требованиям Конвенции.

Отдельный раздел приложения - раздел С - вводит дополнительные меры в определенных районах, о которых государство порта обязано информировать мореплавателей, а также организацию и любые потенциально затронутые прибрежные государства.

Присоединение Украины к международному соглашению, устанавливающему новые стандарты, связано с необходимостью гармонизации с этими стандартами национального законодательства. Национальные акты, действующие в настоящее время в Украине, требуют пересмотра не только в связи с необходимостью учитывать вопросы морской биологии при регулировании торгового судоходства, но также в связи с необходимостью адаптации действующих актов к новым и существующим международным конвенциям в области судоходства, стороной которых является Украина.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ:

1. Международная конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими 2004 года
2. Руководство по контролю водяного балласта судов и управлению им для сведения к минимуму переноса вредных водных и патогенных организмов
3. Руководство по оценке статуса балластных вод в стране, 2009: Монографии программы ГлоБалласт № 17.

УДК 614.8.026.1:005

Приходько Е.А.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Технологические аспекты производственных факторов риска на морском транспорте

Введение. Разработка методов управления риском и, в конечном итоге безопасностью жизнедеятельностью, основана на систематизации факторов, формирующих условия любой деятельности. Систематизация определяет необходимые и достаточные элементы системы безопасности, также возможности мониторинга динамических изменений состояний системы при изменении условий.

Понятия опасности и риска являются основными в концепции безопасности жизнедеятельности человека в обществе, производственной и природной среде. Эта концепция базируется на необходимости достижения допустимых на данном этапе уровней риска и безопасности.

Одним из базовых требований при разработке и внедрении системы менеджмента профессиональной безопасности и охраны труда (СМПБОТ) является идентификация и оценка значимости рисков, содержащих в себе негативные последствия для здоровья и жизни сотрудников предприятия.

Требования к СМПБОТ изложены в стандарте OHSAS 18001:2007, подготовленным Британским институтом стандартов (BS1). В рамках данной спецификации под риском понимается соотношение вероятности и последствий опасных случаев, которые несут в себе угрозу безопасности сотрудников предприятия.

В соответствии с требованиями OHSAS 18001:2007 предприятие должно:

Цель

Установить и поддерживать в рабочем состоянии процедуры для идентификации существующих опасностей, оценки рисков и внедрения необходимых мер управления.

Процедуры должны охватывать:

- все виды деятельности в нормальных и аварийных рабочих условиях (плановые и внеплановые);
- деятельность всего персонала, имеющего доступ к рабочему месту (включая подрядчиков и посетителей);
- поведение людей, их возможности и другие человеческие факторы (учитываются при прохождении предварительного медицинского осмотра, собеседовании с руководителем подразделения);
- опасности, источник которых не связан с рабочим местом, но которые способны отрицательно воздействовать на здоровье и безопасность лиц, находящихся на данном рабочем месте;
- опасности, возникающие вблизи рабочего места и являющиеся результатом трудовой деятельности;
- инфраструктуру, оборудование и материалы на рабочем месте, предоставленные как самой организацией, так и другими;
- конструктивное исполнение установок, машин, оборудования, организацию рабочих участков, технологических процессов, включая их приспособление к возможностям работников.

Оценка рисков является важным шагом, направленным на защиту работников и бизнеса работодателей, а также на соответствие требованиям законодательства. Она помогает работодателю и работникам сосредоточить свое внимание на тех рисках, которые действительно могут возникнуть на рабочем месте - на тех, которые потенциально могут причинить реальный вред. Большинство примеров показывают, что при помощи непосредственных мер можно полностью контролировать риски. Например, своевременно вытирать пролитое масло, чтобы никто не поскользнулся или задвигать ящик стенного шкафа, чтобы никто не споткнулся. В большинстве своем это простые, дешевые и эффективные меры, обеспечивающие защиту наиболее ценного актива - рабочей силы.

Решение поставленной задачи по оценке безопасности направлено на повышение надежности судна как транспортного средства с определенными по-

казателями — безотказностью, долговечностью, ремонтопригодностью и сохранностью. Для обеспечения всестороннего анализа факторов риска модель расширена характеристиками психофизиологических показателей персонала и условиями внешних факторов окружающей среды.

Для оценки безопасности судна важным является оценка отказов отдельных элементов. Вариантность отказов элементов судна зависит от конкретных условий. Последствия, к которым приводят отказы, характеризуются величиной убытка, который можно выразить в денежном эквиваленте. Таким образом, все отказы технических средств и оборудования, с точки зрения опасности, условно характеризуются показателями определяющими надежность, и убытками, последствий, которые вызваны этими отказами. В качестве критериев риска отказов (ошибок) оператора, рассматриваются результирующие, таки как снижение трудоспособности, утомление, профессиональные заболевания, травмы и т.д.

Каждый отказ технического средства рассматривается как предпосылка к возникновению сбоя в работе комплекса человек-машина с динамикой развития негативных последствий. Для определения наиболее эффективных методов предотвращения и нейтрализации, а также при определении правовой ответственности за нарушение законов и нормативно-правовых актов, необходимо подготовить универсальные формы для оценки ситуаций, сопровождаемых риском отказа элементов системы. Такие универсальные формы дефектологии охватывают значительное количество жизненно важных параметров, учет и анализ которых должны, в конечном итоге, обрабатываться в электронном режиме и по итогам предлагаются эффективные методы снижения риска развития негативных факторов.

Опыт развитых стран свидетельствует, что именно этот метод позволяет предвидеть и внедрять эффективные предупредительные меры по минимизации вероятности возникновения возможных опасностей. По данным оценок экспертов, его внедрение позволяет за счет эффективных мер в 7 – 10 раз сократить затраты на разработку и создание безопасных систем. Затраты определяются соотношением весовых коэффициентов по каждому направлению. Для их определения необходим специальный анализ конкретных данных и условий. В основе управления риском лежит методика сравнения затрат и получаемых выгод от снижения риска.

Выводы

Недостатком существующих методов контроля условий формирования риска, является их сложность и субъективность требований, как со стороны компаний, так и со стороны контролирующих структур. Возникла необходимость создание более объективных и достоверных, при этом менее сложных методов мониторинга источников условий формирования риска.

Для расчета параметрических показателей риска, необходимы обоснованные данные. Для прогностических моделей развития риска могут применяться условные критерии, которые позволяют выявить тенденции формирования факторов риска и сфокусировать предметный интерес на конкретные источники. Формирование базы статистических данных в настоящее время испы-

тывает сложности из-за различий законодательств стран-участниц. Для привлечения интереса к более эффективным методам управления риском, методика должна обеспечить простоту в применении и сокращение затрат времени по итогам освоения. Необходима тщательно аргументированная базовая модель, учитывающая максимальное число факторов, где участие человека, сведено к необходимому минимуму.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Управление рисками организаций. Интегрированная модель. Краткое изложение. Концептуальные основы. COSO, 2004.
2. OHSAS 18001:2000 Системы менеджмента в области охраны труда и предупреждения профессиональных заболеваний. Руководящие указания по применению OHSAS 18001.
3. ISO 31000:2009. Менеджмент риска. Принципы и руководящие указания.
4. OHSAS 18001:99 Системы менеджмента в области охраны труда и предупреждения профессиональных заболеваний.
5. Требования. Сиики, П. 2002. Рабочее законодательство. Обязанности и права работодателя и работника. Эдита, Хельсинки.
6. BS 8800. 1996 Guide to Occupational Health and Safety Management Systems. British Standard Institution. 40 s. (Руководство по системам управления охраной труда. Британский институт стандартизации. 40 стр.)
7. Калимо, Р. и другие. 1988. Труд и моральное благополучие. Хельсинки, Институт медицины и гигиены труда.
8. Управление рисками предприятия - набор средств. 1998. Управление рисками предприятия - проект. Тампере.

УДК 159.943

Иванов О.І.
Національний університет «Одеська морська академія»

Роль людського фактора в реалізації інформаційних процесів в умовах високого динамізму морського середовища

Статистика аварійності суден світового флоту свідчить, що до 70% всіх аварій відбувається через помилки і прорахунки людей, які сьогодні характеризуються загальним поняттям - впливом «людського фактора» і зневагою правилами хорошою морської практики.

Певною мірою це є наслідком ряду обставин, характерних для більшості держав світу: нестача на флоті кваліфікованих фахівців, особливо судноводіїв, електромеханіків і механіків, недоліки навчальних планів і програм, а також форм і методів навчання кадетів в морських навчальних закладах, все більш широкого використання на судах складної техніки, неадекватність міжнарод-

них і національних норм і стандартів, що регулюють світову судноплавство, умов і потреб експлуатаційної практики.

У таких поняттях, як людський фактор і гарна морська практика відсутня визначеність, що позбавляє їх предметної цінності і конкретики при реалізації [5].

Очевидно, що проблема людського фактора є складною, багатоаспектною і містить ряд напрямків для досліджень і розробок, які повинні сприяти зниженню помилок, що здійснюються суднових і берегових персоналом в процесі експлуатації суден.

Чому "людський фактор" в зниженні аварійності на море настільки важливий? Тому що суду знаходяться в русі. Вони становлять небезпеку для інших суден, і самі є об'єктами небезпечних впливів з боку інших судів, течій, ударів штормових хвиль, підводних перешкод та ін. Транспортні засоби, що перебувають в русі, в будь-який момент часу повинні контролюватися з позиції безпеки.

Під "людським фактором" в контексті безпеки мореплавання слід розуміти можливості і здібності людини з приймання, обробки інформації та прийняття рішень при різних умовах плавання, в тому числі і в екстремальних ситуаціях.

Є й інші смислові визначення поняття "людський фактор", а саме:

це дії або помилки, навмисні або випадкові, які негативно впливають на процес прийняття рішень або виконання конкретного завдання;

це відхилення від норми поведінки в рішеннях і діях людей, що працюють на судні або в управлінні компанії, які підвищують ризик виникнення аварійних або небезпечних ситуацій.

Проте, перераховані вище визначення "людського фактора" не в повній мірі відображають всі можливі аспекти впливу людини на безпеку судна.

Як показує практика, багато події та аварії на море пов'язані з психофізичними особливостями людей, навмисними порушеннями діючих правил та інструкцій по причині самовпевненості і впертості. Дуже часто це пов'язано не з браком знань і досвіду, які можна усунути, а з неврівноваженим психічним станом, надмірно розвиненим почуттям тривожності, занепокоєння, постійного очікування неприємностей і пригод, так званим "особистісним" фактором [5].

Заслуговує на увагу трактування цього поняття, дана психологом С. Г. Голлерштейном. За його визначенням, "особистісний" чинник є сукупність всіх вроджених і набутих властивостей особистості, які повинні враховуватися при аналізі аварійних ситуацій. Це вольові та емоційні якості, риси характеру і темпераменту, здібності та навички, схильності і інтереси.

Проблема аварійності на транспорті стала очевидною ще на рубежі XIX-XX століть, з появою такого виду транспорту, як авіація. При вивченні льотних пригод німецький психолог О. Зельц і англійський лікар В. Андерсен прийшли до висновку, що помилки льотчиків найчастіше пов'язані з їх індивідуальними якостями. Але особливо помітно це обставина підтвердилося при дослідженні нещасних випадків на виробництві, проведеному в 1919 році англійськими вченими М. Грінвудом і Х. Вудсом. Вони встановили, що 80-

90% таких пригод припадає на дуже невелику частину робітників (10-15% від їх загального числа). За підсумками результатів цих досліджень було висунуто ряд гіпотез:

Всі робочі в рівній мірі схильні до скоєння помилок і нанесення шкоди своєму здоров'ю;

Робочі в рівній мірі схильні до скоєння помилок тільки до першого нещасного випадку, після якого їх схильність таких помилок істотно зростає;

Робочі, в залежності від їх індивідуальних якостей, по-різному схильні до скоєння помилок.

Перевірка цих гіпотез за допомогою статистичних критеріїв показала, що вірна третя гіпотеза - люди за своїми індивідуальними якостями по- різному схильні до помилкових дій. До такого ж висновку прийшли і багато інших вчених, які вивчали це питання.

У численних подальших дослідженнях як радянських, так і зарубіжних вчених (О. Ліпман - німецький, С. Голлерштейн - радянський, Н. Анастази - американський, В. Кроуфорд - австралійський, Ж. Фаверж - бельгійський), проведених в цій галузі, було доведено , що:

У здорового і навченого людини не може бути таких індивідуальних якостей, які робили б його схильним до скоєння помилок в будь-якій справі, чим би він не займався;

Недоліки деяких вроджених якостей, що сприяють прояву помилок у багатьох видах діяльності, можуть компенсуватися іншими позитивними якостями, виробленими в процесі навчання і виховання;

Існують окремі види діяльності, що пред'являють до людини особливі вимоги, де безпомилково і безпечно працювати може далеко не кожен. Для успішного заняття такою діяльністю необхідно володіти комплексом певних природних якостей, а також комплексом якостей, які потім виробляються і коригуються в процесі навчання і виховання і в практичному освоєнні майбутньої спеціальності.

Говорячи про операторської діяльності (а офіцер на судні насамперед оператор), слід спеціально підкреслити, що вона представляє категорію так званих абсолютних професій, про які йде мова в останньому з висловлених вище тверджень. Якщо в "відносних" професіях (а їх явна більшість) після відповідної підготовки може працювати кожна здорова людина, яка досягла відповідного віку, то для "абсолютних" професій є потреба у професійному спеціальний відбір [5].

Навіть без спеціальних досліджень очевидно, що для морського офіцера важливі такі якості, як хороша пам'ять, уважність, самовладання, почуття відповідальності, швидка реакція, рішучість і воля, вміння в стислі терміни розібратися в складній (іноді і в критичній) обстановці і прийняти правильне рішення . Зрозуміло, що людина з таким набором якостей не народжується, ці якості повинні формуватися в процесі професійної підготовки і набувати сталого, а не випадковий характер. І те, що часто сьогодні називають безвідповідальністю, низькою стійкістю до стресів і т.д., має психологічне коріння і посилюється самою специфікою професійної діяльності на флоті, ко-

ли екіпаж судна довгий час знаходиться в замкнутому просторі, при постійних психічних і фізичних навантаженнях, в випадково сформованому колективі, в строго регламентованих (циклічних) умовах судновий життя.

Сьогодні, на наш погляд, настав час морським організаціям і навчальним закладам, які займаються підготовкою та перепідготовкою морських фахівців, звернути серйозну увагу на прищеплення і виховання у них відповідних професійним вимогам особистісних властивостей і психологічних якостей.

Аналіз аварій, пов'язаних з дією "людського фактора", показує, що вони відбулися в результаті невірно прийнятих або взагалі не прийнятих рішень, іншими словами - бездіяльності.

Щоб наочно уявити, яка частина (у %) від загальної кількості зіткнень судів, в умовах обмеженої видимості, сталася через незадовільний спостереження і бездіяльності судноводіїв при несенні ходової вахти (психофізичний показник - стійкість уваги), розглянемо найбільш характерні з них.

Незадовільне спостереження:

- небезпечна ціль не була виявлена - 23,1%;
- небезпечна ціль виявлена на дистанції 0,2-1,0 милі - 28,1%;
- небезпечна ціль виявлена на дистанції 1,0-3,0 милі - 20,1%;
- Бездіяльність при своєчасному виявленні:
- не визначені елементи руху цілі і не розрахований маневр ухилення - 16,9%;
- не вживалися дії для зупинки судна - 24,4%;
- при виявленні цілі на дистанції 0,2-1,0 милі задній хід не давався - 11,0%;

Говорячи про причини невдалого маневру, зокрема, зміна курсу вліво (вправо) при раптовому виявленні небезпечної мети на критичній відстані, праворуч (ліворуч) за курсом, необхідно відзначити, що найчастіше такі дії бувають неосмисленими, вжитими під безпосереднім впливом стрімко насувається. Цим же можна пояснити і зволікання з реверсированием двигуна на повний задній хід. Здатність швидко оцінити обстановку і зробити найбільш правильні для даних надзвичайних умов дії, відносяться в значній мірі до індивідуальних якостей і психологічному стану людини.

У зв'язку з цим необхідно враховувати цілий ряд обставин, пов'язаних з психологічними особливостями і можливостями конкретних людей і психологічної специфікою впливу на них конкретної ситуації.

У літературі вказується 10 основних людських помилок, пов'язаних з аваріями або створенням аварійних ситуацій, а саме:

- рішення, прийняте на підставі недостатньо повної інформації;
- рішення, несумісне з розсудливим судноплавством;
- недостатні загальнотехнічні знання. Ця причина привела до 35% морських аварій;
- недостатні знання можливостей свого судна, обладнання та систем управління. Небезпека такого роду аварій виникає для екіпажу та лоцманів внаслідок роботи на судах різних розмірів і з різним вантажем;

- погані стандарти, правила, політика судноплавної компанії. Небезпека такого роду виникає внаслідок відсутності точних письмових експлуатаційних процедур на борту судна, тиск з боку судновласника щодо виконання графіків рейсу;
- незадовільна зв'язок або координація дій. Близько 70% великих аварій траплялося, коли державний або федеральний лоцман керував одним з них, або коли лоцмани управляли обома судами;
- неуважність, втома, перевантаження. Важко провести кордони між цими факторами. Тривале з високим навантаженням виконання функціональних обов'язків часто призводять до втоми, а потім до стомлення, які, в свою чергу, призводять до неуважності;
- не врахування вимог ергономіки. Відсутність стандартизації в обладнанні, яке виготовляють різні виробники;
- незадовільний технічне обслуговування. Одна з основних причин пожеж і вибухів;
- небезпека природних умов (течії, вітри, тумани, цунамі, урагани, підводні перешкоди).

Тут доречно також розглянути визначення найбільш поширених термінів при описі діяльності операторів і прийнятті рішень, таких як обробка інформації, відчуття, увага, рішення, візуальна ілюзія, помилкове припущення, звички, мотивація, стрес і втому.

Обробка інформації. Ухвалення рішення проводиться на підставі інформації, отриманої органами почуттів, про небезпечне судні (або судах), даних автоматизованих систем навігації про параметри їх руху, зовнішніх умовах плавання і доповідей помічників [5].

Відчуття. Для того, щоб надійшла інформація була сприйнята людиною, вона повинна викликати реакцію органів почуттів. Однак реакція органів почуттів людини відбувається не завжди, в деяких випадках вона відсутня. Це пояснюється наявністю нижніх і верхніх порогів абсолютної чутливості. Кожен вид відчуттів має свій абсолютний поріг чутливості (кордон чутливості). Наприклад, людина може чути звуки лише у вузькому діапазоні частот, не володіє почуттям швидкості, а сприймає прискорення і т.д.

Сприйняття. Той факт, що звуковий або зоровий сигнал передається мозку, ще не означає однозначного прочитання мозком цього повідомлення. Результат сприйняття буде залежати від характеру сигналу, його сили, змісту дії, слова або фрази, які використовуються в контексті повідомлення.

Увага. Вхідні повідомлення надходять нерегулярно і через різні рецептори, що може розосереджувати увагу при прийнятті рішення.

Обмежена пропускна здатність каналу прийняття рішення означає, що можуть виникнути ситуації, коли, незважаючи на нормальне функціонування всіх складових частин системи, інформації надходить так багато, що канал стає перевантаженим.

Рішення - вибір пріоритетних дій на підставі наявної інформації. Коли інформація оброблена, людина приймає рішення і приступає до його реалізації.

Дія. Цей етап - заключна частина процесу обробки інформації. У деяких випадках є джерелом помилок, пов'язаних з поганим ергономічним рішенням компонування органів управління.

Візуальні ілюзії. Інформацію, яку людина отримує за допомогою зору, мозок інтерпретує неправильно. В результаті візуальної ілюзії предмети і відстані значно відрізняються від реальних.

Звички. Основний закон людської поведінки, що має важливе значення, полягає в тому, що якщо оператор часто виконував певним чином будь-які дії в минулому, то тим більш імовірно їх виконання в сьогоденні. У людини немає «функції стирання пам'яті», тому всякий раз, коли людина повинна пристосовуватися до нових умов і вимог, необхідно протягом довгого часу прибирати старі, що стали непотрібними (а може і шкідливими), звички.

Мотивація. Головні аспекти мотивації - її рівень і напрямок. Рівень мотивації визначається ступенем активності центральної нервової системи. Працездатність людини вище за все при середніх рівнях активності. Напрямок мотивації визначається прагненням відійти від звичайного порядку необхідних або запропонованих дій і процедур і вирішити, можна або не можна допустити ризик для досягнення мети меншими витратами.

Стрес. Це результат впливу навколишнього середовища на людину, при якому він втрачає нормальний стан. Розрізняють три види стресу:

фізичний, який визначається впливом температури, вібрації та інших шкідливих чинників довкілля;

фізіологічний, який визначається безсонням, розладами нервової системи, нерегулярним харчуванням, впливом наркотичного або алкогольного сп'яніння, тютюну та інших факторів;

психологічний - страх, соціальний тиск, прострація і ін. Вплив стресу можна значно зменшити шляхом фізичної підготовки, загартовування і належного чергування роботи і відпочинку.

Втома, є природною фізіологічною реакцією організму на виконувану роботу. Станом втоми сприяють безліч факторів, у тому числі погана організація праці, фізичні і психологічні чинники.

Поведінковими симптомами стомлення є підвищена дратівливість, ірраціональне поведінку і скарги на дискомфорт, що призводить до погіршення здатності людини до виконання поставлених перед ним завдань. Розрізняють такі види втоми:

- короткочасне;
- кумулятивне;
- хронічне.

Короткочасне проходить після своєчасного і досить тривалого відпочинку, який забезпечує повне відновлення витрачених організмом ресурсів.

Кумулятивне стомлення виникає при відсутності своєчасного і досить тривалого відпочинку протягом тривалого часу, коли втома накопичується.

Хронічне стомлення і перевтома призводить до стану (головний біль, безсоння, апатія, іноді легка збудливість і т.д.), яке супроводжується різними за

ступенем вираженості функціональними зрушеннями, для корекції яких потрібна медична допомога.

Відомо, що на поведінку судноводія, його здатність зосереджено вести постійне спостереження, особливо в умовах інтенсивного судноплавства, робити правильні висновки, приймати правильні рішення, мають такі фактори, як:

- психофізичний стан;
- індивідуальні особливості темпераменту і характеру;
- емоційна напруженість, що переходить в притуплення уваги;
- втома при тривалому плаванні в районах інтенсивного судноплавства, особливо вночі, а також в умовах обмеженої видимості;
- накопичена втома, що переходить в пригніченість, викликана напруженою роботою без достатнього, повноцінного відпочинку.

Цікаві статистичні дослідження провели експерти Німеччини. Аналізуючи випадки аварій суден, вони встановили, що в момент зіткнення на ходовому містку знаходилося одночасно 3-4человека. З цього можна зробити висновок про те, що механічне збільшення кількості персон, які одночасно беруть участь в управлінні судном, не є достатньою умовою для запобігання аварій. Тут на перший план виступають професійна готовність і компетентність екіпажу.

Професійна готовність - це складне системне якість, що складається з навичок і умінь, можливості організму адаптуватися до впливу несприятливих фізичних факторів рейсу і здатності психіки адекватно реагувати на особливості морського праці. Досвід, навіть при багаторічному плаванні, сам по собі не забезпечує придбання в необхідному обсязі професійних навичок і вмінь, необхідних у конкретній обстановці. Причому, як правило, помилки виникають не через брак знань, а від неправильної оцінки складної навігаційної обстановки, прогнозу її розвитку і правильного рішення щодо виконання тих чи інших маневрів. У непідготовлених людей в екстремальних ситуаціях емоційні центри (страху, люті, гніву) приходять в сильне збудження і викликають неадекватні рухово-поведінкові реакції, відмова виконати складне небезпечне завдання. У спеціально підготовленого людини цього не відбувається, бо він здатний до вольового придушення емоцій, а також причин, що зумовили ці емоції. Можливі причини людських помилок (Human Element) і психологічні чинники, що впливають на стан аварійності на морському флоті [5].

Істотну роль у формуванні проф-надійності грає підготовка на тренажерах в екстремальних умовах діяльності за рахунок введення в її структуру додаткових психологічних факторів складності: дефіциту часу, невизначеності інформаційного середовища, додаткових складніших завдань. Подібний комплексний підхід до психологічної підготовки та навчання судноводіїв реалізується на радіолокаційних тренажерах з використанням імітаційного моделювання, широко вживаних в даний час в навчальному процесі.

На підставі вищевикладеного стосовно оператору-судноводій можна сформулювати такі тези:

Для підвищення навігаційної безпеки необхідна постійна тренування судноводіїв в окомірних визначенні відстані, визначення місця судна по берегових орієнтирів, умінні розпізнавати берегову лінію на екрані РЛС, відпрацювання навичок у вирішенні завдань розбіжності з небезпечними цілями на маневреному, ситуаційному та дзеркальному планшетах. Тверде знання інерційних і маневрених характеристик свого судна.

Тільки висока теоретична підготовка, наявність необхідних практичних навичок і виконання відомих правил і прийомів управління судном допоможуть значно послабити вплив індивідуальних психофізичних недоліків судноводія

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ ТА ІНШОМОВНА ПІДГОТОВКА СУДНОВИХ ІНЖЕНЕРІВ

УДК: 358. 147

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

Вивчення нарисної геометрії на етапі інформатизації інженерно-графічної освіти

Графічна освіта – це процес, в результаті якого людина придбає уміння сприймати, створювати, зберігати і передавати різну графічну інформацію про предмети, процеси і явища. Проаналізуємо послідовність формування навичок роботи з графічними моделями об'єктів в процесі підготовки до інженерної діяльності на етапі школа – вищий навчальний заклад.

У загальноосвітній школі відповідальними за формування навичок роботи з графічними моделями об'єктів можна рахувати такі учбові дисципліни, як малювання, геометрія, креслення. Вивчення кожної дисципліни переслідує певну мету. Малювання більшою мірою спрямоване на придбання навичок реалістичного зображення об'єктів. Планіметрія і стереометрія як розділи геометрії призначені відповідно для формування уміння працювати із зображеннями плоских геометричних і простих просторових об'єктів по їх довільних паралельних і центральних проекціях. Метою вивчення креслення є придбання навичок читання і оформлення креслення – плоскій ортогональній проекційній моделі просторового об'єкту на взаємно перпендикулярні площини.

Подальша графічна освіта отримується в професійному учбовому закладі. У технічному вищому навчальному закладі за інженерну графічну освіту, так само як і в школі, відповідають багато учбових дисциплін, але його основи формуються при вивченні нарисної геометрії і інженерної графіки. Традиційне вивчення цих дисциплін спрямовано на формування навичок сприйняття і створення конструкторського документу – креслення як одного з видів інженерно-графічної інформації.

Інженерно-графічна освіта спрямована на формування навичок роботи з найскладнішим, з точки зору сприйняття людиною, зображенням об'єкту – проекційним кресленням, що містить численні умовності і спрощення. Технічні труднощі створення такого зображення сприяли розвитку засобів автоматизації проектно-конструкторських робіт, і вершиною цього процесу стала поява сучасних графічних пакетів. Еволюція інструментальних можливостей систем автоматизованого проектування проходила в напрямі, зворотному етапам графічної освіти: від використання комп'ютера як інструменту побудови двовимірного креслення виробу через тривимірну геометричну модель до інформаційної віртуальної моделі.

Розвиток апаратних і програмних засобів роботи з графічною інформацією привів до того, що основним інструментом створення, зберігання і обробки зображення став комп'ютер. Якщо проаналізувати види графічної інформації, що

використовуються в інженерній діяльності для реалізації інформаційної підтримки життєвого циклу виробу від задуму до утилізації, то на кожному етапі актуальними будуть різні види електронних документів. Серед них можна виділити такі, як традиційна проектна документація, інформаційна віртуальна модель виробу і презентаційна інформація. У зв'язку з цим графічна освіта в технічному університеті має бути спрямована на формування фахівця, що володіє сучасними засобами представлення інформації.

Нарисна геометрія – це загально професійна дисципліна, з якої розпочинається інженерна графічна освіта у вищому учбовому закладі. Для її успішного вивчення курсант (студент) повинен мати навички виконання простих геометричних побудов і певний рівень розвитку просторової уяви. Незважаючи на те що в робочій програмі учбової дисципліни не передбачений час на навчання курсанта (студента) користуванню креслярським інструментом, об'єктивна реальність вимагає розвивати навички виконання простих графічних побудов в процесі вивчення нарисної геометрії, що не є метою вивчення предмета. Сьогодні легше і швидше навчити студента виконувати графічні побудови за допомогою комп'ютерних програм, чим якісному виконанню креслення традиційними креслярськими інструментами. При цьому мотивація до вивчення важкого для сприйняття курсантами (студентами) предмета росте, оскільки в процесі вивчення отримуються навички використання сучасних інформаційних технологій в інженерній діяльності.

Нарисна геометрія – розділ геометрії, в якому просторові фігури, а також методи рішення і дослідження просторових завдань вивчаються за допомогою їх зображень на площині. Для виконання графічних побудов на площині можна застосовувати КОМПАС Графік, що є системою для автоматизації креслярських робіт в їх традиційному розумінні. Папір замінює двовимірний робочий простір, а замість креслярських інструментів використовується набір команд, призначених для виконання графічних побудов. Навички роботи з графічним пакетом отримуються курсантами (студентами) досить швидко, а час, витрачений на ознайомлення з програмою, повністю компенсується тим, що доопрацювання і виправлення графічних робіт, виконаних в електронному вигляді, не вимагають повного переоформлення креслення.

Основною умовою застосування графічного пакету в процесі навчання графічним дисциплінам є його доступність для індивідуального використання курсантом (студентом) у поза аудиторній самостійній роботі. Вона забезпечується наявністю учбової версії, яку без порушення авторських прав можна встановити на будь-якому комп'ютері. При цьому слід зазначити, що використання креслярських графічних пакетів для вирішення учбових завдань на початковому етапі вищої професійної освіти сприяє формуванню стійких навичок застосування сучасних інформаційних технологій для вирішення виробничих завдань і таким чином створює умови для підготовки сучасного фахівця морського флоту.

УДК 7.012

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

Ергономічні фактори в організації робочого місця студента

Основною структурною одиницею організованого навчального простору в освітньому закладі є робоче місце студента. Це не тільки стілець, стіл чи парта, а й їх розміщення та обладнання відповідно до вікових та індивідуальних особливостей людини. Тривале сидіння на одному місці, перенапруження зору, малорухомий спосіб життя є чинниками ризику в разі надмірної роботи за комп'ютером. Мета ергономіки - вивчити можливості й особливості людини в процесі трудової діяльності у певному робочому середовищі для створення таких умов, методів та форм роботи, які сприяють продуктивній, надійній, безпечній для здоров'я праці й разом із тим всебічному розвиткові особистості [4]. Модель ергономізації процесу освіти являє собою проектування навчального процесу з урахуванням ергономічних вимог [5]; вивчення і проектування діяльності викладачів з позиції ергономічних критеріїв; організацію навчального середовища на основі ергономічних вимог. До вимог проектування навчального процесу відноситься: – антропометричні та біомеханічні (відповідність предметів праці й навчального устаткування розмірам, формі, вазі тіла, силі й спрямуванню рухів); – кінетичні (відповідність поз і рухів швидкісним, енергетичним, зоровим та іншим можливостям людини); – естетичні (оформлення робочих місць і предметів праці у відповідності з естетичними потребами людини).

Робоче місце - частина простору, обладнана необхідними засобами, в якій здійснюється трудова діяльність людини чи групи людей.

Щоб відповідати своєму призначенню, робоче місце має бути правильно організоване, його засоби та предмети праці - оптимально розташовані. Навчальне місце має бути зручним для роботи протягом робочого дня упродовж усіх років навчання. При його конструюванні та раціональному організуванні необхідно зважати на такі вимоги:

- антропометричні, тобто відповідність розмірів обладнання і функціонального простору розмірам тіла слухача в статиці та динаміці;

- біомеханічні, що передбачають дотримання біомеханічних умов рівноваги тіла студента;

фізіологічні, які передбачають забезпечення насамперед нормального зорового сприймання, вільного дихання, правильного кровообігу, оптимальних затрат енергії;

- естетичні, які передбачають естетично правильний добір форми і кольору обладнання, меблів, оформлення, відповідне інтер'єру приміщення, раціональне впорядкування предметів на робочому столі.

Отже, з фізіолого-гігієнічного погляду оптимальні умови для роботи студента забезпечують відповідність навчального обладнання довжині та пропорціям його тіла, збереження найменш втомливої пози і здійснення економних

робочих рухів. Для забезпечення цих умов керуються загальними педагогічним, гігієнічним та психолого-естетичним принципами.

Відповідно до педагогічного принципу обладнання та інвентар за характеристиками та розташуванням мають сприяти проведенню навчально-виховного процесу. Гігієнічний принцип передбачає відповідність основних параметрів меблів, навчального обладнання та інструментів анатомо-фізіологічним можливостям слухачів. Меблі повинні бути портативними, міцними, водостійкими, з малою теплопровідністю матеріалу. Світлі тони забарвлення, приємні, вишукані форми меблів, обладнання та інструментів забезпечать психологоестетичний принцип організації навчального середовища.

Ергономічно дуже важливі конкретні санітарно-конструктивні параметри найуживанішого обладнання - столів, стільців, дошок, тощо. Параметри обладнання мають відповідати ергономічним вимогам.

Планування навчальних приміщень має відповідати їх функціональному призначенню, характеру і режиму навчального процесу. Розміри та форма цих приміщень визначаються загальними розмірами і формою навчального обладнання та потребами студентів, які тут навчатимуться. Крім того, при плануванні навчальних приміщень зважають на можливості зорових і слухових комунікацій. Лінія, проведена від очей студента до точки, що спостерігається на класній дошці або на площині навчального посібника, повинна утворювати з фронтальною площиною кут не менше 45°, краще - 60-90°. Найкращим є природне освітлення; якщо воно штучне, то оптимально освітлювати кожне робоче місце.

Для забезпечення нормального обміну повітря в приміщенні передбачають вентиляцію (за потреби - технічними засобами). Меблі та інше обладнання розташовують так, щоб викладач міг вільно підійти до кожного із робочих місць студентів. При цьому необхідно обов'язково зважати на стан здоров'я студента - вади зору, слуху, наявність хронічних захворювань (ревматизм, катар верхніх дихальних шляхів, функціональна ослабленість організму слухачів після перенесених захворювань тощо).

Обов'язкова наявність у навчальному кабінеті необхідних інструкцій та запобіжних знаків для роботи з технічними засобами навчання з метою грамотної їх експлуатації та дотримання правил безпеки.

Робоче місце студента за всіма параметрами, зокрема забарвленням, має повністю відповідати віковим особливостям організму людини та естетичним нормам. Меблі та інші елементи обладнання робочого місця слід виготовляти з екологічно безпечних матеріалів. їх необхідно розмістити згідно з ергономічними вимогами, які передбачають насамперед зручність для здійснення навчально-виховного процесу.

Важливою складовою робочого місця слухача є навчальне приміщення, яке за мікрокліматичними та естетичними властивостями повинне повністю відповідати функціональному призначенню.

Відповідно до вимог сучасного законодавства України для навчальних занять допустиме використання лише такої комп'ютерної техніки, яка має санітарно-епідеміологічний сертифікат про її безпеку для здоров'я людини.

Приміщення, де експлуатують комп'ютери, повинні мати природне чи штучне освітлення та належний обмін повітря. Потрібно, щоб світло на екран падало зліва. Заняття слід проводити в добре освітленому приміщенні. Вікна мають виходити на північ чи північний схід, їх обладнують світлорегулювальними пристроями (жалюзі, штори, тощо).

Робоча поза при сидінні забезпечується статичною працею м'язів, яка дуже втомлює, оскільки в кору головного мозку безперервно поступають нервові імпульси з одних і тих самих м'язів шиї, спини, попереку. Умови для відновних процесів у клітинах головного мозку (порівняно з динамічною роботою) погіршуються. За неправильної робочої пози порушується кровопостачання всіх органів, у т. ч. головного мозку. Наслідком є відчуття загального дискомфорту, зниження зацікавленості і працездатності, швидке стомлення. Тому особливу увагу слід звертати на обладнання та організування робочого місця за комп'ютером .

Робоче місце студентів за комп'ютером організовують відповідно до "Державних санітарних правил і норм влаштування та обладнання кабінетів комп'ютерної техніки в навчальних закладах та режиму праці учнів на персональних комп'ютерах".

Проектування діяльності викладачів полягає в нормуванні праці; зміцненні матеріально-технічної бази кафедр; поліпшенні інформаційного обслуговування викладачів; створенні сприятливих умов для різнобічного підвищення кваліфікації викладачів [6]. До організації навчального середовища відносяться такі чинники:

– фізико-хімічні (температура, вологість, хімічний склад, фізичний стан та швидкість обміну повітря, освітлення, наявність шумів, тощо);

– структури простору (розміри, форма, орієнтація елементів простору); – техніко-естетичні (краса форм, ліній, забарвлення навчального оснащення та обладнання, естетичне використання кольору, світла і музики, стенди наочної інформації, художнє оформлення наочних засобів навчання, тощо);

– соціально-психологічні (взаємовідносини між студентами, загальна соціально – психологічна атмосфера в колективі).

Висновки: Активізація педагогічної діяльності не може обійтися без удосконалення ергономіко-гігієнічних вимог до організації робочого місця студента.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРА ТУРИ

1. Моргунов Е.Б. Человеческие факторы в компьютерных системах. М.: Тривола, 1994. С. 272.

2. Мюнстенберг Г. Психология и учитель. М.: Совершенство, 1997. С. 320.

3. Слободчиков В.И., Исаев Е.И. Основы психологической антропологии. Психология человека: Введение в психологию субъективности. М.: Школа-Пресс, 1995. С. 384.

4. Скидан С.А. Эргономические основы учебного процесса в высшей школе: Монография / Скидан С.А. - К.: Редакція "Бюлетеня Вищої атестаційної комісії України". - 1998р. - 222 с.

5. Скидан С.А. Принципы научной организации педагогического труда / Скидан С.А. // Придніпровський науковий вісник. Педагогіка середньої та вищої школи. - 1996р. - №71. -С.92-95.
6. Гервас О.Г. Ергономіка. Навчально-методичний посібник / Гервас Ольга Геннідіївна. – Умань: видавничо-поліграфічний центр «Візаві». 2011. – 130 с.
7. Berdyansk State Pedagogical University. ERGONOMICS AND HYGIENE REQUIREMENTS ...

УДК 378

Батынский А.И.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Проверка адекватности модели интерактивного доступа к базе данных системы дистанционного обучения в морском заочном образовании

В настоящее время широкое применение нашли технологии, способные обеспечить эффективную подготовку и переподготовку кадров за счет доступа учащихся и преподавателей к электронным образовательным ресурсам. Сюда можно отнести системы дистанционного образования [1]. В связи со спецификой работы в морской отрасли, для дистанционного обучения моряков заочников используются системы дистанционного доступа (СДД) [2]. В разработке сложных информационных систем широко используется моделирование. При этом возникает проблема проверки адекватности разработанных моделей. Адекватность предполагает воспроизведение моделью с необходимой полнотой всех характеристик объекта, существенных для цели моделирования [3].

В 2014-2017 гг была разработана модель интерактивного доступа к базе данных (БД) системы дистанционного обучения в морском заочном образовании [4]. Структура СДД представлена в виде функциональных блоков и информационных связей между ними. Функциональный блок представляет собой вербальное описание задач, выполняемых в данном блоке, и связей между задачами. Адекватность разработанной модели можно оценить, сравнивая перечень задач каждого блока с задачами, которые должны решаться в СДД. При этом следует оценивать как степень совпадения перечня задач, так и полноту выполняемых функций. В табл.1 представлен перечень задач и функций, которые должны присутствовать в СДД для выполнения запросов пользователей и соответствующие реализующие блоки СДД.

Кроме основных задач, перечисленных в табл.1, имеются задачи второго плана, которые связаны с обеспечением работоспособности системы. Перечень таких задач и ответственного за реализацию приведен в табл.2.

Из табл.1 видно, что для решения всех задач, нужных пользователю, имеются соответствующие блоки СДД. Аналогично, из табл.2 видно, что работоспособность системы обеспечивается администратором системы с достаточной полнотой.

Таблица 1. Задачи и функции, необходимые для решения в СДД

№	Задачи и функции, требуемые пользователю	Реализующие блоки СДД
1	Наполнение и корректировка БД	Блок контроля доступа. Блок персонализации доступа. База данных.
2	Получение информации из БД	Блок контроля доступа. Блок персонализации доступа. База данных.
3	Отправка консультационных запросов по отдельным предметам и доступу в БД	Блок контроля доступа. Блок персонализации доступа. Блок дистанционных консультаций.
4	Получение ответов на запросы	Блок дистанционных консультаций..

Таблица 2. Задачи и функции, обеспечивающие функционирование СДД

№	Задачи и функции, обеспечивающие функционирование СДД	Ответственный за реализацию
1	Копирование и восстановление БД	Администратор базы данных
2	Создание и корректировка персональных кодов доступа пользователей	Администратор базы данных
3	Ведение базы дистанционных консультаций	Администратор базы данных.

В обсуждаемой СДД имеются три категории пользователей: преподаватели, моряки-заочники и администратор системы.

Преподаватели размещают в БД учебные и методические материалы по отдельным предметам, варианты контрольных работ, курсовых проектов и инструкции по их выполнению, а также экзаменационные вопросы и другие материалы.

Моряк-заочник через интернет обращается к БД СДД, загружает необходимые учебные материалы и получает соответствующие консультации. Находясь в рейсе, он может достаточно эффективно использовать доступ к информационному ресурсу в интерактивном режиме.

Администратор БД имеет все необходимые средства для обеспечения работоспособности системы.

Таким образом, видно, что выполняется критерий соответствия результатов, полученных на модели, соответствующим функциям системы. Отсюда можно сделать вывод о достаточной степени адекватности предлагаемой модели интерактивного доступа к базе данных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потемкина С.В., Кашуба Л.А. Технологии дистанционного образования // Компьютеры в образовательном процессе. М., - 2000. - № 2. - С. 5 – 23.

2. Батынский А.И., Хнюнин С.Г. Рекомендации по повышению эффективности дистанционного обучения студентов заочников морских специальностей // Наука і освіта, 2012. - №7. – С. 19 – 25.

3. Терехов С. А. Нейросетевые информационные модели сложных инженерных систем // Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1998. — 296 с.

4. Батынский А.И., Хнюнин С.Г. Модель 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», Ч.1- Одеса: НУ «ОМА», 2017, - С.198 – 200.

УДК: 372.881.1

Богомолов О.С.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Интерпретация метода «кейс-стади» в отечественной и зарубежной педагогике

Метод кейсов (Case-method / Case-study), метод конкретных ситуаций, метод ситуационного анализа – всё это техника обучения, использующая описание реальных экономических, социальных и бизнес-ситуаций. Учащиеся, вовлеченные в эту работу, должны исследовать предложенную им ситуацию, разобраться в сути проблем, предложить возможные решения и выбрать лучшие из них. Бизнес-кейс, основывающийся на реальном фактическом материале или же приближенный к реальной ситуации,— это специально подготовленный учебный материал, который отражает конкретную проблемную ситуацию, требующую управленческих решений со стороны менеджмента компании. В ходе занятий преподаватель направляет студентов в поиске таких решений. Этот метод был впервые применён в аспирантской программе Гарвардской школы бизнеса. В настоящее время он широко используется в бизнес-обучении во всём мире и продолжает завоёвывать новых сторонников. С начала 2000-х годов кейсы широко используются в практике преподавания естественнонаучных и технических дисциплин.

Технология «кейс-стади» является коллективной производственно-методической разработкой коммуникативно-ориентированной производственной ситуации или случая из практики. Одним из преимуществ кейс-метода в преподавании различных дисциплин является тот факт, что «в процессе дискуссии, как одного из основных компонентов метода, студенты сами выполняют некую деятельность в процессе изучения дисциплины, а не просто наблюдают за тем / читают о том, как это делается другими лицами» [9]. Важнейшим фактором методики «кейс-стади» является активность участия студентов в разработке ситуации на аудиторном занятии. Эффективность обсуж-

дения кейса зависит от уровня обученности студентов анализировать и обсуждать рассматриваемые события и факты. Поэтому, выдавая домашнее задание, преподаватель должен дать студентам четкую инструкцию о порядке самоподготовки, состоящей из двух частей - работа с учебным материалом и овладение приёмами активного участия в учебных дискуссиях [7]. Эффективность обсуждения кейса будет выше, если студенты предварительно ознакомятся с его содержанием, прочтя кейс несколько раз и сделав заметки необходимые для ответа на вопросы преподавателя, касающиеся изучаемой тематики, с помощью которых преподаватель руководит самоподготовкой студентов [10].

По методу «Case-study», например, могут строиться собеседования агента по набору кадров с претендентами на занятие вакантных должностей в конкретной компании. Вот, что можно прочесть на этот счёт в словарной статье “Case interview” [12] энциклопедии Wikipedia: “ A case interview is a job interview in which the applicant is presented with a challenging business scenario that he/she must investigate and propose a solution to. Case interviews are designed to test the candidate's analytical skills and "soft" skills within a realistic business context. The case is often a business situation or a business case that the interviewer has worked on in real life. After the applicant is given information about the case, the applicant is expected to ask the interviewer logical questions that will help the applicant understand the situation, probe deeper into relevant areas, gather pertinent information and arrive at a solution or recommendation for the question or situation at hand”. Целью участия каждого претендента на объявленную вакантной должность в интервью или собеседовании по вопросам, связанным с будущей работой, является демонстрация своего умения решать сложные производственные вопросы, а агент по набору кадров получает, при этом, возможность оценить его (претендента) образ мышления. Такое собеседование имеет интерактивный характер, поскольку здесь задаётся много вопросов, даются ответы на них, разъясняются различные нюансы производственных операций, высказываются интересные мысли и всё это происходит в диалоговом режиме.

Некоторые преподаватели, применяющие кейс-методику в своей работе с субъектами последипломного образования – магистрами, аспирантами, стажерами, соискателями ученой степени, докторантами, предпочитают создавать свои собственные кейсы [13], при разработке которых можно учесть академический и профессиональный статус своих учащихся, воспользоваться современными знаниями и информацией для решения конкретных методических задач, оптимизировать объём и сложность учебных материалов. Причем, составителю не обязательно писать целые повествования, достаточно скомпоновать подборку из ранее опубликованных на заданную тему журнальных статей и заметок, включая аудио и видео материалы, доступные учащимся в режиме on line. Важно иметь в виду, что материалы, используемые в кейсе, должны включать в себя факты, данные и пояснения, но аналитические рассуждения, содержащиеся в используемых источниках, должны быть исключены. Чтобы во время самостоятельной подготовительной работы внимание учащихся было обращено на те моменты, которые по замыслу составителя кейса имеют наиважнейшее значение, в домашнее задание включаются направляющие вопро-

сы. Рассуждая об активных формах учёбы, авторы работы [14] подчеркивают, что «учение – это не созерцательная работа. Просто сидя на аудиторном занятии, слушая учителей, запоминая заранее подготовленные для них задания и выдавая подготовленные ответы, студенты многому не научатся. Они должны разговаривать друг с другом о том, что изучают, писать об этом, соотносить это с прошлым опытом, применять его в своей повседневной жизни. Они должны сделать то, что изучают, частью самих себя» [14].

И вот здесь на помощь приходят активные формы обучения. Для того чтобы принимать активное участие в групповом обсуждении кейса, недостаточно умения задавать вопросы и отвечать на них только в общении студента с преподавателем, поэтому даже хорошо подготовленным студентам для этого требуется специальная подготовка в общении с соучениками. Активное обучение - это такой подход, в котором обучение сосредоточено на студентах, в том смысле, что ответственность за учебную работу возложена на самих студентов, зачастую работающих совместно с соучениками. При таком подходе, преподаватель является, скорее, промоутером (facilitator), а не поставщиком учебной информации в одном направлении. Предъявление фактов в виде лекции отходит на второй план и заменяется групповыми дискуссиями, решением задач, разрешением проблем, совместной учёбой и выполнением письменных упражнений. К приёмам активной учёбы относятся также ролевые игры, анализ конкретных ситуаций (case studies), групповые проекты, парная работа, дебаты, взаимное обучение и самообучение, краткие демонстрации или презентации с последующим групповым обсуждением.

Некоторые преподаватели неродного языка [2], [5] под методом кейс-стади понимают тщательное исследование по многим параметрам одного случая или явления – “кейса», анализ «конкретных профессионально-значимых случаев, выделенных на основе фактического иноязычного материала в целях предъявления их студентам для самостоятельного изучения и последующего группового или коллективного обсуждения этих ситуаций во время занятий» [2]. При разработке своего кейса преподаватель должен учитывать следующие моменты: соответствие кейса образовательным целям конкретного учебного курса или специализации, актуальность отбираемых ситуаций для данного направления обучения, их уровень сложности, включая языковую сложность, наличие потенциала их дальнейшей разработки.

К основным принципам метода относят следующие: 1. Задачей преподавателя является мотивация и активизация студентов на поиск различных вариантов решений, поскольку не существует однозначного ответа на поставленный вопрос. 2. Все участники обсуждения равноправны, поскольку акцент в обучении ставится на совместной выработке знаний, а не на освоении готовых истин, предлагаемых преподавателем. 3. Помимо выработки новых знаний, результатом работы по методу кейс-стади является формирование навыков профессиональной деятельности, развитие системы ценностей и жизненных установок [2].

Ответы на вопрос «Как подготовить студентов к обучению с помощью кейсов?» можно найти в работах [10] и [11]. Автор подчеркивает центральную

роль, отводимую в кейс-методе студентам. Эффективность метода напрямую связана с умелостью (компетентностью), с которой студенты участвуют в обсуждении кейса. Часть учебного процесса в данном курсе связана с формированием у студентов умений выполнять аналитическую и дискуссионную деятельность, а для этого преподаватель должен дать им четкие инструкции на этот счёт. Самоподготовка студентов состоит из двух компонентов: подготовка материалов и изучение того каким образом следует участвовать в дискуссиях. Для эффективности развития дискуссии необходимо тщателное ознакомление студентов с содержанием кейса. Этого можно достичь интенсивным чтением материалов кейса, в процессе которого они делают заметки и организуют их вокруг вопросов и тем. При чтении материалов курсанты могут руководствоваться вопросами, полученными от преподавателя [10].

Для того, чтобы получилось хорошее обсуждение кейса нужно вовлечь студентов в разговор со своими одноклассниками, подготовить их реагировать на выступления друг друга, использовать свидетельства из материалов кейса для отстаивания своего мнения, занимать позицию и придерживаться её. Чтобы помочь студентам в этом деле нужно чётко им объяснить каковы педагогические цели преподавателя, почему преподаватель выбрал именно кейс-метод, ожидания, возлагаемые преподавателем на свершения студентов. Нужно установить базовые правила поведения, например, сколько выступлений будет разрешено одному студенту выступать и т.д. Чем больше студенты знают об установленной процедуре, тем эффективнее будет их работа [10].

Итак, кейс — это проблемная ситуация которая может быть представлена в любом виде: текст, видеоролик, аудиоматериал, презентация и т. п. Кейс так же должен включать в себя формулировку задания, описание формата представления результата (эссе, презентация, дискуссия, дебаты) и критерии оценивания работы.

«Использование метода кейсов на занятиях по профессиональному иностранному языку можно считать своего рода тренажером для практической реализации полученных знаний и умений с целью получения опыта взаимодействия в профессиональных ситуациях на иностранном языке. Это способствует созданию высокого уровня адаптивности к знакомым и незнакомым ситуациям в профессиональной среде и выработки модели поведения в них. Таким образом, во-первых, работа с реальными проблемными ситуациями (кейсами), во-вторых, профессиональная ориентация содержания кейсов, в-третьих, использование аутентичного иноязычного материала и, в-четвертых, реальная возможность общения на иностранном языке делает метод кейсов одной из результативных техник формирования «профессиональной коммуникативной компетенции на иностранном языке». А, следовательно, и эффективным способом реализации профессиональной подготовки на иностранном языке» [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверьянова С.В. О зарубежном опыте формирования умений делового общения (приём “case-study”) лингводидактические аспекты обучения профессиональному общению. М.: РЕМА, 2006.

2. Белкина Е.П. Использование метода кейс-стади при обучении студентов неязыковых направлений вуза иностранному языку. Изд-во СыктГУ,2013.

3. Горбатова Т. Н., Рыбушкина С. В. Использование метода кейсов при обучении иностранному языку в рамках профессиональной языковой подготовки в неязыковом вузе // Молодой ученый. — 2015. — №7. — С. 741-743.

4. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально-ориентированного обучения. Интернет-ресурс: http://www.vshu.ru/lections.php tab-id=

5. Дубинина Г. А. Технология применения кейс-анализа в процессе обучения иностранному языку // Инновационные подходы в обучении иностранным языкам. М.: Рема, 2010. С. 81-90.

6. Сидоренко А.И. Ситуационная методика обучения : Теория и практика. – Киев: Центр инноваций и развития, 2001.

7. Conway, Patrick. Rescuing the Aral Sea: Use of Case Method. The People and the Planet.

8. Gillham, Bill. Case Study Research Methods. London, New York: Continuum, 2001.

9. Pedagogy in Action, the SERC portal for Educators. Why Teach with the Case Method? E-Resource: https:serc.carleton.edu/sp/library/cases/why.html.

10. Velenchik, Ann. Case Preparation Guidelines for students. E-Resource: https://d320goqmya1dw8. cloudfront. net/files /sp/library/cases/case-preparation-guidelines.st.pdf.

11. Velenchik, Ann, "The Case Method as a Strategy for Teaching Policy Analysis to Undergraduates", *Journal of Economic Education*, 26 (1): 29-38.

12. “Case interview”. From Wikipedia, the free encyclopedia.

13. Patrick Conway. Rescuing the Aral Sea: use of Case Method. Supporting materials drawn from the People and the Planet publication. E-Resource: https://d320goqmya1dw8.

14. Arthur W. Chickering and Zelda F. Gamson, Seven Principles for Good Practice,” AAHE Bulletin 39: 3-7, March, 1987.

УДК 629.5.054=111 : 621.3.084.2

Chaban S. O., Shalyov A. S.

National university «Odesa maritime academy»

Ship sensors

Condition monitoring and the use of preventative maintenance techniques are becoming increasingly critical in the marine sector, as both vessel and port operators look for ways to improve levels of equipment productivity while reducing overall operating costs [5].

Sensors are converters of controlled quantities (usually non-electrical ones) into signals that are convenient for transmission and further use in information-measuring or control systems of a ship. Sensors and signalling devices are classified according to the type of perceived physical quantity – pressure, temperature, etc.; by

the nature of the output signal – electrical (voltage, current, frequency, phase), hydraulic, pneumatic, optical, acoustic, etc.; by the nature of the changes in the output signal – analogue, discrete (digital, relay); on the energy principle of action – generator, parametric [4].

Here are some applications for which sensors can be used: for measuring temperature of surfaces; for measuring temperature of the undisturbed non-aggressive nonconductive liquids and gases; for characterizing of temperature of aggressive liquids and gases; for transformation of the temperature of outgoing gases into thermal e.m.f., which is returned to the measuring and regulating unit as a DC voltage, that is proportional to mean temperature of gases from engine; for transformation of the marine engine outgoing gas temperature into the thermal electromotive force and producing two autonomous DC voltages, that are proportional to the averaged gas temperature, and sending them to automatic control system; for measuring gas temperature at turbine of air gas-turbine engines; for measuring static-dinamic pressure; for conversion of acoustic pressure of gaseous medium to electric signal; for measuring angular velocity of a rotor and sending two relevant independent electric signals, that are similar to sinusoidal ones, to the control system; and for measuring liquid medium level.

In the generator sensors, an example of which is a tachometric dynamo, the energy taken from the measurement object with some efficiency is converted into the energy of the output signal, as a result of which a fundamentally unrecoverable effect on the controlled process occurs. This causes noticeable methodological measurement errors or severely limits the permissible output power. In parametric sensors, for example in a thermistor, the controlled quantity, acting on the transducers, changes one of its parameters (resistance, inductance, etc.), which in turn affects the energy flow from the external source, so that the output signal power does not depend on the power taken from the measurement object, and can exceed it by several orders of magnitude. By constructive measures, the influence of the sensor can sometimes be reduced to zero, which makes it possible to produce non-perturbing non-contact measurements. In automatic systems, sensors can be considered as inertia-free links (piezoaccelerometers, photosensors, etc.), as inertia of the first order (thermocouples in the casing), less often as oscillating links (sensors with elastic elements). For ship automation systems based on digital computers, the application of sensors with analogue-to-digital converters and sensors with frequency or code output is characteristic, in which the output signal represents in the code-pulse form the numerical value of the measured quantity. In ship signallers, the signal of the converter is compared with an arbitrarily set reference signal that determines the threshold of their operation. In this case, the relay mode of operation is carried out. When the threshold is exceeded, the signalling device activates any indicator for the operator or machine controlling the operation of the plant or system. When signalling about complex events characterized by a combination of several factors, the output signal is formed by the logical device included in the signalling device. Sensors and signalling devices are used in the automation of the management of ship mechanisms, devices, systems, the process of navigation and various ship operations (for example, cargo operations) [2; 5].

Despite the above-mentioned advantages, sensors failures can occur in many forms. Some common examples are:

- sensing line clogs, voids, leaks, or loose mechanical connections;
- electrical opens or shorts;
- loose or high resistance terminal connections;
- inaccurate calibration;
- transducer data communication issues;
- electrical interference or line noise;
- signal loss or corruption.

That's why faulty or inaccurate sensors can:

- defeat equipment safety designs by improper activation of safety controls;
- mask existing equipment problems, resulting in inefficient or unreliable operation;
- cause costly unplanned equipment down time;
- waste crew troubleshooting time and effort;
- trigger excessive nuisance alarms;
- desensitize operators and slow their response time to real problems [1].

Conclusion:

Sensors are the eyes and ears of your automation. The crewmen hours have been saved greatly due to remote gauging techniques. The ability to accurately monitor the current state of your equipment relies solely on individual sensors distributed across your equipment. Modern machinery control systems incorporate an enormous amount of measurement instrumentation, including temperature, pressure, flow, vibration, current sensors, and the list can go on and on. They come in the form of mechanical gauges, electrical meters, transducers, thermocouples, resistance temperature detectors (RTD), etc. All of these devices provide valuable information to operators and are also essential for controlling equipment operation, providing alarms, or triggering equipment safety features, such as automatic shutdowns.

LIST OF USED LITERATURE

1. Aleinikov A. F., Sensors (promising areas of development): Studies. The manual / A. F. Aleinikov, V. A. Gridchin, M. P. Tsapenko — Novosibirsk : Publishing House of the NSTU, 2001. – P. 176

2. Kramarukhin Yu. E. Instruments for measuring temperature / Kramarukhin Yu. E. — Moscow, 1990. — C. 208

3. Freiden J. Handbook of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications / Freiden J. — 3rd edition. ISBN 978-0-387-21604-1, 2004. — P. 225

4. Sensor Introduction MAS S62 Crafting Material Interfaces / Nan Wei Gong, MIT Responsive Environments Group Media Lab, 2011. — P. 28

5. Sensor Technology / Handbook, edited by Wilson J. S. — Newnes : Burlington, MA., ISBN: 0-7506-7729-5, 2005. — P. 702

УДК 37.018.43=111

Shalyov A. S.

National university «Odesa maritime academy»

Webinar as a modern tool in distance teaching

Webinar is a shortening from a word combination *web seminar* and is a type of web conferencing. The early prototypes of this technology appeared in the 1960s, but the real boom of real-time communication started only when World Wide Web was invented. So internet chat and instant messaging software appeared in the mid-1990s. It may be used for various purposes. Some of them are workshops, conferences, discussions, meetings, network broadcasts of various events, teachers training, studying in groups, distance learning, delivering lectures, presentations or seminars.

The main advantage of this type of studying is that teachers and their students may be far away from each other in different locations but and the same time they can be joined by a common goal to solve a mutual task or problem working in close cooperation with each other. This technology offers text-based messages, voice and video chat data streams to be shared simultaneously among people staying in different places or countries.

Web conferencing software has to be started by all participants in a particular web session. Some technologies include software and functionality that are different for webinar presenters and attendees. This software may run as a web browser application (often relying on Adobe Flash, Java, or WebRTC (where RTC stands for Real-Time Clock) to provide the operational platform). Other webinar technologies require download and installation of software on each participant's computer, which is started as a local application. In other words one needs some preparation to be done but it deservers its possibilities and results.

Depending on the used technology, webinar participants may speak and listen to audio over standard telephone lines or via computer microphones and loud speakers. Some software products permit the use of a webcam to show participants, so they can see each other during the session. Visual materials presentation is often accomplished with the help of one of two primary methods. The webinar software may display participators an image of the presenter's computer screen or desktop. Depending on the product, the software may show the entire visible desktop area or may allow choice of a physical area or application running on the presenter's computer. The second method is based on Microsoft PowerPoint files, other Microsoft Office electronic documents, or Adobe PDF documents upload and conversion process [4].

The key webinar feature is interactivity based on the effect of physical presence in one place. Partakers can speak with the presenter and with each other, ask him or her questions, learn from the shared materials and media, listen to them or watch them. Some other advantages are:

- Saving on money. One doesn't need to hire a lecture room, pay for food, transfers, handouts. It is crucially important for global companies.

- Audience scope. Countless number of people can take part in a webinar when they only have to perceive information. If it is training, the couch has to see the participants' reaction and alter his or her delivery of the thoughts, ideas and materials. In this case the audience has to be smaller.
- Direct access to auxiliary libraries. Right during the course of the webinar anyone can visit any book depository they need. It is also useful for the presenter, because he or she can plan beforehand which links to prepare.
- Easy archiving. A webinar can be backuped, archived or uploaded at any web-resource or saved to any e-disc. And by the way an e-course can be created from the particular webinar [3].

Here some disadvantages should be mentioned as well:

- Lack of physical contact. That's why the reaction to one's emotions is hardened and consequently the training process is a bit slowed so to say.
- Limited training ability. When there is no video signal, it is practically impossible to eye communication. That's why work in pairs and groups is not that effective.
- Work with personal abilities is a bit complicated due to the above mentioned reasons.
- Absence of confidentiality guarantee. Some parts of webinar might be intercepted on the net.
- Difficult facilitation. Training presupposes flexibility in choosing ways of interaction with your students and here you still have proper boundaries [2].

Conclusion:

Recently 'mail-order degrees' and similar certifications have been looked upon with certain degree of suspicion, and sometimes rightly so. While using today's technology, however, the quality of distance education and online training can be equal to that delivered in the traditional classroom. Influential, mainstream universities even offer undergraduate and advanced degrees through e-learning software. Problems of integrity, or concern about distance learning students cheating on tests, have been minimized. Ordinary college level tests are often used in online learning classes, as well as the Standardized Subject Tests. The latter are standardized, proctored tests which can be accepted for college credit. In addition, tests and quizzes may be replaced with larger research projects, which force students to make an in-depth examination of studied subjects.

For those who unable to be present in a classroom, due to time constraints, location, or even disability, distance learning is an opportunity to acquire any education that would otherwise have been impossible [1].

LIST OF USED LITERATURE

1. Морзе Н. В. Вебінари як засіб підвищення кваліфікації викладачів / Інформаційні технології і засоби навчання. Н. В. Морзе, А. Б. Кочарян, Л. О. Варченко-Троценко, 2014, Том 42, No 4 — 118 с. — [Укр. мова]
2. Словінська О. Д. Вебінари як інструменти навчання в сучасній системі освіти / Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та

освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку [матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького], м. Черкаси, Україна. ISBN 567-334-23 — 298 с. — [Укр. мова]
3. Освіта в Європі у 2020-2030 роках. Прогноз. [Електронний ресурс]: http://www.pontydysgu.org/2010/01/crowd-sourcing-the-european-foresight-study--your=chance-to-be-an-expert/ Назва з екрана.
4. *[Електронний ресурс]:* https://en.wikipedia.org/wiki/Web_conferencing — *Назва з екрана.*

УДК: 372.881.1

Козак С.В.
Национальный университет «Одесская морская академия»

Обучение культуре иноязычного речевого общения студентов технического Вуза

Существующая практика обучения иностранного языка в высшей школе недостаточно эффективна.

В то же время в Украине поставлена задача: поднять профессиональную подготовку будущих специалистов до мирового уровня, а это означает, запятая, что выпускники вузов должны глубоко овладеть иностранными языками как эффективным средством профессионального общения и деятельности. В связи с эти поиск новых путей языковой подготовки профессионалов приобретает особую актуальностью

Овладение каждым специалистом с высшим образованием культовой родной речи и, шире, культурой речевого общения в сфере будущей профессиональное деятельности, является сегодня обще признанной необходимостью. Однако формирование культуры иноязычного речевого общения как важнейшая цель профессионального обучения иностранному языку в высшей школе не нашла еще должного отражения ни в теории, ни в практики преподавания. В качестве основных вопросов, которые требуют своего практического воплощения но пока не получили адекватного решения, следует выделить следующие.

Прежде всего, обращает внимание то обстоятельство, что упоминание о культуре речи на иностранном языке можно обнаружить только в методических работах, ориентированных главным образом на ВУЗ. В частности, в них отмечается, что владение выпускниками устной иноязычной речью должно приближаться «по основным показателям (степени автоматизма, количеству и разнообразию языковых средств и культуре речи) к уровню владение языком его носителя». Вместе с тем, в программах по иностранному языку даже для этого типа в высших учебных заведениях отсутствуют четкие требования к формированию у специалистов культуры речи на иностранном языке, Характерным является и то, что в программе по английскому языку не используется понятие «культура речи» и «культура речевого общения», в силу чего в дан-

ном документе находят едва заметные отражения, хотя и не равноценные, лишь некоторые х компонентов. В целом отмечается, что будущие специалист «должны приобрести правильные произносительные навыки , научиться свободно и правильно пользоваться грамматическими конструкциями, овладеть достаточно обширным словарем и научиться стилистически правильно соответственно содержанию высказывания и речевой ситуации».

Как закономерное следствие, из всех обозначенных в предыдущем параграфе компонентов культуры речевого иноязычного общения в поле зрения составители программы попали только критерии «правильности» речевого высказывания, которые характеризуют лишь языковую, то есть лингвистическую компетенцию обещаемых в смысле «стилистически правильной речи» на английском языке. Вместе с тем, авторами программы не оговаривается, какими же конкретными стилями иноязычной речи должны овладеть будущие специалисты как профессионалы. В данном контексте вызывает также сожаление, что отсутствует упоминание о таких важнейших аспектов рассматриваемого нами феноменах, как логичность, речевой этикет и другое. Кроме того, несмотря на то, что программе зафиксирована установка на достижение стилистической правильности речи, она практически не находит ни подкрепление со стороны языкового материала, распределенного в данном документе по годам обучения, ни отражения в нормативах экспрессионной устной, а также письменной речи, что, безусловно, нуждается в конкретизации,

Более того понятие «культура иноязычного речевого общения» и открыть «культура речи на иностранном языке» получает в теории и практики преподавания в высшей школе на вполне адекватную трактовку, ввиду чего чаще всего интерпретируется как тождественные. В реальной действительности же они не являются равнозначными, поскольку как целые и его часть. Из-за искажённого понимания сущности данным понятий смысловое значение феномена «культура речи» не правомерно сужается: оно в основном интерпретируется сугубо лишь как соответственные высказывание языковой нормы, что, с одной стороны, находиться в русле определенной лингвистической традиции, но, с другой стороны, является не достаточным для целей обучения иностранному языку будущих профессионалов.

В настоящее время в учебных пособия по иностранному языку, рекомендованных для обучения будущих специалистов с высшим образованием, отсутствуют языковые минимумы, которые были бы составлены по углом зрения данной цели – формирование у них культуры иноязычного речевого общения. В них пока также отсутствуют и научно состоятельные минимумы формы речевого этикета, носящих профессионально ориентированный характер. В действующих учебниках и методических пособиях к ним не содержится и обоснованные системы упражнений.

Наряду с этим, из педагогического процесса высшей профессиональной школы выпадает контекст обучения будущих специалистов рецептивному аспекту культуры иноязычного речевого общения. Вместе с тем , по скольку общение представляет собой двусторонний процесс взаимодействия коммуникантов, развитие его высокой культуры должно включать формирование не

только продуктивных, но и репродуктивных и рецептивных умений, к числу которых авторы относят такие, как умение определять общую тональность аудио текста или высказывание партнера по иноязычному инфомационно-комуникативного взаимодействию, степень экспрессивности, эмоциональности, логичности услышанного, его отнесенность к тому или иному фоно стилю или же языковому варианту. Все это считается дидактами чрезвычайно важным для получения концептуальной и эстетической информации в ситуации просмотра кинофильма, прослушивания радио передач, а так же стратегий своего собственного последующего речевого и не вербального поведения при не посредственном диалогическом общении на иностранном языке. Существенно, что аналогичные умения важны и при чтении литературных источников на иностранном языке, поскольку именно достаточно высокая речевая культура может помочь читающему составить свое суждение о данном речевом произведении, на пример, о газетной статье, научном сообщении, письме и тд. При чтении художественной литературы адекватно понять речевое и не речевое поведение персонажей, их взаимоотношения за частую можно только, если читающий знаком с нормами общения на данном языке во всем разнообразии его проявлении [В.К. Рознюк, В.Н. Сердюков].

Таким образом, неопределённость программных требований и недостаточная разработанность многих теоретических практических вопросов обусловливают то, что уровень сфомированности культуры иноязычного речевого общения у выпускников как гуманитарного, так и особенно технического Вузов достаточно низок и не достигает параметров, требуемых для полноценного профессионального ориентированного общения будущих специалистов с зарубежными партнёрами. Основанием к тому служат, выводы авторов, объектом экспериментального исследование которых явились отдельные аспекты культуры иноязычного речевого общения будущих профессионалов (М.Н. Корзина, О.П.Ламзин, О.А. Фаенова), а также результаты диагностических срезова проводивших нами на базе курсантов Одесской Морской Академии.

В целом, полученные нами имперические данные позволяют выдвинуть достаточно обоснованиые предполождения, что задача формирования культуры иноязычного речевого общения будущих специалистов должна занять в курсе изучения профессиональной школе, подобно тому, какое она занимает при сознательном повышении качества владения родной речью.

По скольку способы реализации технологии обучения иностранному языку, направленной на формирование культуры иноязычного речевого общения будущих специалистов высшей школе, находиться в стадии теоретической и методической разработке и требует решения для ряда важнейших вопросов, в свою очередь предполагающих проведение специальных лингвистичесих и психолого-педагогических исследований, мы считаем правомерным на данном этапе реализовывать в известной мере упрощённой путь, с помощью которого уже сейчас возможно успешной достижение этой цели.

Следует отметить, что предполагаемый нами путь обучения с опорой на действующие учебники и учебные пособия приведет к тому, что языковой материал, содержащийся в них и предназначенный для продуктивного и рецеп-

тивного усвоения, будет несколько расширяться за счет добавления единиц для образование стилистических противопоставлений. Это, однако, представляется вполне возможным за счет высвобождения внутренних резервов. В качестве такого резерва в данном случае можно рассматривать одновременное сопоставительно изучение стилей что является средством интенсификации обучения устной речи. Кроме того, занятие по овладению стилистически адекватной речи, кардинально отличающийся от существующей практики обучения иностранного языка, должна способствовать повышению интереса обучаемых к данному предмету а тем самым способствовать большей эффективности профессионального обучения в целом.

Работа по развитию логичности как компонента культуры общения в известной мере будет отличаться от обучения стилистической адекватности в том плане, что одного «вводного этапа», нацеленного на теоретическое осмысление обучаемыми понятия логичности будет недостаточно. Это объясняется тем, что, во первых, у изучающих иностранный язык вряд ли и возникала когда либо возможность осознания своего мышления, законов, в соответствии с которыми оно протекает, что является одной из задач курса логики которой в настоящее время ни в школе, ни в вузе не предусмотрено.

Во вторых, содержание обучения данному аспекту культуры общения должно включать целый ряд сведений, а именно: о логических законах, основных операциях с понятиями, о правилах доказательствах, возможных логических ошибках. В связи с этим, красной нитью через все обучение должно проходить сообщений будущим специалистам определенного объема информации, касающейся логичности как компонента культуры общения. Это означает, что каждый раздел учебного пособия должен включать работу по созданию ориентировочной основы действия, аналогичной той работе, которая была подробно описана выше применительно к развитию стилистической адекватности.

Мы склоны предполагать, что все компоненты культуры иноязычного речевого общения следует, с нашей точки зрения, развивать параллельно, что дожно быть реализовано в каждом разделе, учебного пособия, рекомендуемого для иноязычного речевого общения будущих профессионалов.

УДК 37.018.43=111

Molodtsova V.V.
National university «Odesa maritime academy»

Making students speak

Teachers who are involved in developing students' English speaking skills often get frustrated because some students do not attempt to speak at all. When the teacher wants the students to be active they prefer to be passive. This is a universal problem. The teacher faced with a serious problem of passivity among students looks for a solution to make them active participants but doesn't always succeed. Why does it happen?

In a typical classroom it is quite common to have students who are highly motivated or semi-motivated or unmotivated. Sometimes even motivated students become passive because the activities assigned to them to make them speak do not enthuse them. At times, we may have motivated students and good speaking tasks/activities but the teacher's attitude and approach may put the students off.

How to make the unmotivated or semi-motivated students speak? Here are some strategies that have proved to be effective.

1.Start (almost) every class with free conversation.

This technique is thought to be the most effective for getting students motivated and speaking in English. Have the students sit facing a partner and tell them they have to talk on a topic for a set time. They absolutely must not speak any native language during this time! Possible topics are: yesterday, TV, movies, sports, etc. Activities might be as simple as open-ended questions e.g.

- Why do people live in cities?
- Is school uniform a good or a bad thing?
- Does money bring happiness?

Discussion of a grammar point works well too.

What is the difference in meaning between…?

- He is going to the shops today
- He goes to the shops in the afternoons.

It can usually be done for 2-3 minutes at the beginning of a course and build up to 10-15 minutes by the end. Free conversation works because it warms the students up, and it gives them the sense that English can be used for real communication.

2.Speaking marathon

Work with a partner. You can talk about anything you like with your partner, but you can't stop talking! If you stop for more than 3 seconds, your team is out! Also, if you speak any native language your team is out! Which team can keep talking the longest?!

The students can say anything when they can't think of what to say, but they must fill in the silence. They can say "umm...", "Let's see...", "chicken", "kitchen", and so on. During this activity the teacher must act as a "policeman" and go from group to group counting off three seconds and noting when a group has spoken native language or has stopped for more than three seconds. However, it's best if the teacher doesn't tell a group when they are out so that everyone continues speaking for as long as possible. There is simply no better way to build students' speaking confidence than the speaking marathon.

3.Drilling – don't make it boring – make it fun!

Get your students to repeat a phrase in different ways or using different voices. Model the sentence yourself and then get your students to repeat it. Then hold up cards with instructions on, eg:

Quietly

Loudly

Sadly

Happily

Crossly, etc.

Get them to repeat the phrase in the way indicated on the card. They'll certainly end up in fits of laughter, but they'll be getting lots of good practice at the same time!

4.Interested students are talkative students

We all like to talk about things that interest us, so link your speaking task to topics your students are interested in.

Try putting newspaper headlines on the board. Get the students to choose one that interests them and discuss in pairs what the story might be about.

For example:

Man found alive in car with tiger

Star cancels tour after scandal!

Forest fire! Police want to know how it started!

Motorbike madness ends in disaster.

When they're ready, get a few students to tell their story to the class.

5. Add a competitive element to make the lesson fun!

It's impossible to make every part of a lesson fun, but the more often students enjoy their lesson the easier the teacher's task will be. They'll come back next time motivated and enthusiastic.

So, here's an idea a teacher can use lots of times with different topics.

Give each pair of students a piece of paper with an alphabet written from the top to the bottom. Then write **one** topic on the board, e.g. transport, fruit and vegetables, countries, etc. The teacher can choose the first few, and then let the students make suggestions.

Ask the students to think of an object from the topic for every letter of the alphabet. Encourage them to talk to each other in English, and decide what to include. (This is usually a quiet activity as they don't want other pairs to hear!)

e.g.

A – apple

B – banana

C – carrot

Put the timer on again and the pair with the largest number, when time is up, can read out their list, and they're the winners.

And don't forget to get everyone to take their papers home to complete for homework!

LINKS AND REFERENCES FOR INCREASING STUDENT PARTICIPATION

1. Davis, Barbara Gross. Tools for Teaching. San Francisco: Jossey-Bass, 1993.

2. Encouraging Interaction in Science and Engineering Classes .- The McGraw Center. Princeton University. https://mcgraw.princeton.edu/node/661.

3. McKeachie, Wilbert, et al. McKeachie's Teaching Tips: Strategies, Research, and Theory for College and University Teachers. - 12th ed. Boston: Houghton Mifflin, 2005.

УДК 37.018.43=111

Dyachenko R., Molodtsova V.V.
National university «Odesa maritime academy»

Stress and ways to fight it on board ship

If you thought sailing is all about seeing new places and enjoying the vast blue oceans, you are far away from reality. Though the definition of stress doesn't change for seafarers, the stress they experience compared to the people working on land has many differences. Although eliminating stress from any working environment, whether it is the merchant navy or some other profession, can be a little tough, creating a smooth and positive work environment can certainly make the difference.

Stress has become a part of our lives, something we have come to terms with and have accepted its presence. Though in specific situations, stress can actually be a driving force to achieve excellence, more often than not it results in physiological and psychological damage. Stress in the working environment can lead to problems both at the work and home front, and if left untreated can also sprout many health related problems.

The kind of stress a seafarer faces is vastly different from the kind of stress people in regular jobs face. And the major difference is the fact that they are miles away from their family. Having family near in times of extreme stress can help an individual to face the situation with a much more positive outlook. But with lack of loved ones, a seaman often has to tackle the problem alone.

Also the concern of leaving the family behind can itself lead to many mental tensions. Apart from lack of family, lack of good quality sleep and food, changing weather conditions which can lead to difficulties in navigation, port to port inspections, changing crew after every few months are some of the key stress inducers. As the stress rises, the amount of fatigue and frustration with the job also rises. This can hamper the working performance of the seaman and lead to many accidents and clashes amongst the crew.

The path to fight and manage the stress on board begins with the successful recognition of its existence. Without acknowledging the presence of the stressor, the expectation of a stress free working environment is useless. A seaman undergoing a stressful condition must first bring in to the attention of the master and the management which can then be tackled.

If the quality of living conditions on board is not up to the standard, the people living on the ship are never going to be in a happy state of mind. The management should take measures to ensure that the quality of accommodation along with the kind of food the crew receives is of good quality so that the basic requirement of the seamen is met.

Better means of communication on board can also help the seafarers be in regular touch with their families which can help them share their problems with their loved ones and also eliminate the concern of them being far away.

Besides this it is of vital importance that seamen adopt a healthy and holistic approach to stress management. A proper diet along with a healthy exercise regimen

can combat stress which can result in a much more optimistic approach towards work.

Making a provision for extra officers and skilled crew can also help the seamen to get rid of their excess work load. A lighter work load can give them more time for other activities which can help reduce the stress significantly. Along with all this providing various means of recreational activities like, swimming, games, movies etc. will promote a healthier and entertaining environment which can take one's mind off stress.

A stress-free work environment may seem like a distant reality when it comes to the merchant navy profession but by taking small steps like these and making an initiative might result in a bigger change than one hoped for.

УДК 811.11:656.611

Nikoulina E.L..
National university «Odesa maritime academy»

Motivation in Presenting a Report

Nowadays the importance of presentation is essential, especially in teaching foreign languages, because presenting covers training of one of the most vital skill in mastering a language - communication. Presenting trains speaking skills, searching for professional information and also accentuates speaking feedback or rapport.

Such form of communicative approach training as presenting a report has won popularity among cadets for obvious reasons: students get interested while choosing a professional topic which evokes their attention because they got involved in this specific professional area.

Another important function of presentation is pre-training cadets for the interviews in crewing agencies when the candidates answer specific professional questions. This type of communicative language activity can also prepare cadets for the forthcoming ship practice, because they familiarize themselves with machines, arrangements, devices and systems via video and slide shows before material encountering with the real machinery in real engine rooms on board ships where they are to be having practice.

One more function of a presentation may be a report after ship board practice, when a cadet develops his own portfolio of his position, duties and activities on board. This time he presents slides and videos at the engine room equipment on his ship, giving comments on a connoisseur.

If we are visualizing the future potential of such communicational activity as presentation, we definitely bear in mind the possibility of participation in the national and international scientific conferences with reports on professional topics in the field of marine engineering, electrical engineering and automatization processes when our cadets could share their scientific research results.

In conclusion we would say that such communicational activity as presenting a report in a specialized multimedia class was included in the curriculum several years

ago. The cadets prepare such reports every semester and they are deeply interested in developing the skills of presentation.

УДК 629.5.064:502/504

Варгатюк С.А., Никулина Е.Л.
National university «Odesa maritime academy»

ECO-Friendly Marine Propulsion

Since the beginning of centuries marine propulsion made a long way from sail driven vessels to nuclear propulsion. Despite all this impressive and significant scientific progress, in the race for faster transportation we completely forgot about the negative impact on environment. Of total global air emissions, shipping accounts for 30% of the NOx (Nitrogen Oxide) and SOx (Sulfur Oxides). Actually, according to statistics, average ship lets out around 50 times more Sulfur than a regular lorry per metric ton of cargo carried.

So, that's why nowadays ecology in marine propulsion is more important than ever before. In 2016 Japanese company K-Line launched new eco-friendly car carrier named Drive Green Highway, it integrates advanced energy efficient technologies and design improvements to reduce its impact on the environment. The vessel is 200 meters long, 37.5 meters wide and uses an improved design that enables it to carry up to 7,500 passenger vehicles at once.

Drive Green Highway uses the world's most advanced environmentally friendly and energy saving technologies. More than 1000 solar panels have been installed on top deck, totaling 150 kW of electricity generating capacity. The electricity generated by these solar panels is used to power all LED lighting onboard.

Main engine reduces emission of NOx by using fuel system, that adds water to fuel and exhaust gas recirculation unit that reuses some of the exhaust gases. In addition, it is supplied with a device that automatically controls the efficient operation of turbocharger to match the engine output.

Main and auxiliary engines exhaust gas outlet is mounted with unit to wash SOx out of exhaust gases, called SOx scrubber. The scrubber takes advantage of a fact, that SOx easily dissolved in water and removes it from exhaust gases using seawater.

Drive Green Highway emits 25% less carbon-dioxide (CO2), 50% less nitrogen-oxide (NOx) and 90% less sulfur-oxide (SOx) per vehicle transported.

The ship also has other equipment to reduce its impact and save energy. Low friction paint is used on the bottom of the ship to minimize friction drag, it reduces fuel consumption by 2-3% compared to conventional paint.

A high efficiency propeller is used to achieve energy savings of app. 2%. Symmetric fins are placed on both sides of the rudder to save fuel and raise speed.

Special hull design cuts wind resistance by about 20%.

Big size of the ships allows us to transport cargo more efficiently, it allows us to transport Roll-on/Roll-of cargo, heavy construction machinery and railway trains.

Going forward, K-Line company will continue to support diverse environmental protection initiatives in order to prevent heavily increasing environmental loads on a global scale.

УДК 378.147

Савка А.О., Никулина Е.Л.
National university «Odesa maritime academy»

Safety and Piracy

Intro

Carrying weapons and people trained to use them seems like an obvious method of defense, but the situation is not that simple. Many non-military ports will not allow ships carrying weapons to dock. Some countries may also see carrying weapons into port as weapon smuggling.

Ironically, there is also concern that carrying weapons will make a pirate attack more dangerous. The fear is that if pirates feel threatened, they will be more likely to hurt or kill crew members.

With that in mind, here are some ways to defend against piracy

Armed guards

These have become standard for many ships sailing through Somali waters. A large ship now typically sails with four guards. The industry has been dominated by British firms and guards who have had careers in the military, particularly highly experienced former Royal Marines who have been keen to cash in on their skills.

Anti-Piracy Laser Device

The anti-piracy laser device uses non-lethal laser beam to provide a visual warning to pirates and distract them temporarily. The laser device can be used during both day and night, and can be easily operated by the ship's crew.

Water Cannon

Water cannon is another non-lethal weapon which is extensively used on merchant vessels. As an anti-piracy method, the device delivers powerful and impenetrable stream of water that blows away pirates trying to board the ship. The cannon can also quickly fill the pirates' boats to slow them down and hinder their maneuverability.

Most of the water cannon anti-piracy systems can be remotely controlled from a safe position on ships.

Electric Secure Fence

Electric fence non-lethal system consists of an electric fence which surrounds the ship and prevents pirates from climbing. The system is a collapsible fence which can be folded and kept safe when not in use.

Nets – Boat Traps

Boat trap is a type of ballistic net which can be used to stop pirates' boats when they come near to a merchant ship. When in water, the net ensnares the propellers of the boats which disable the vessel, preventing it from moving forward.

Anti boarding device – Razor Wire Canister

Anti-boarding device is an anti-piracy method which uses canisters with sharp razor wires to prevent pirates from boarding the ship. The wires act as a barrier between the pirates and the ship, which thwarts forward movement of pirates.

Anti-piracy Curtain

Designed by a division of Japan's NYK group along with hose manufacturer Yokoi, anti-piracy curtain is a unique method to keep pirates from climbing the ships. The system consists of a series of hoses which are dangled on the port and starboard sides of the vessel. Sea water is passed through the nozzles at a force of 0.2 Mega Pascal, which makes the hoses go in unpredictable whirling motion, generating enough force to seriously hurt anyone who gets in the way.

Flash grenade

Flash grenade is a non-lethal anti-piracy device which produces a blinding flash of light and loud noise. Stun grenades are used to temporary disorient pirates senses without causing any kind of permanent injury.

Rubber Ball Grenade

Rubber ball grenade as a non-lethal weapon sprays rubber bullets on detonation. The anti-piracy grenade also produces light and sound which can be used to deter pirates from coming towards the ship.

Active Denial System – Pain Ray (Electromagnetic wave)

Officially known as the Active Denial System (ADS), the Pain Ray is a non-lethal weapon which transmits a narrow beam of electromagnetic energy to heat the skin without causing permanent damage. The wave penetrates beneath the skin which causes unbearable burning sensation, forcing pirates to run away or jump overboard.

Molotov Cocktail

Technically not a hi-tech anti-piracy weapon, Molotov cocktail has been used by crew of a few merchant ships which were not provided with anti-piracy weapons or armed guards. Molotov cocktail can be made on ships using empty glass bottles, flammable substance such as gasoline, and source of ignition such as burning cloth wick. It can be thrown on an approaching pirate boat to set it ablaze and disturb their maneuverability.

Tasers – Electric Shock

If pirates do get on board ships, crew and ship's cargo can be protected using tasers – a non-lethal weapon which delivers an electric shock that temporarily causes the pirates to lose neuro muscular control. The device can definitely used as the last resort to protect the ship's crew from pirates.

УДК 378.147

Липин Д.А., Никулина Е.Л.
National university «Odesa maritime academy»

Marine Myths and Superstitions

The majority of people all over the world are deluded concerning the seamen and their profession. That`s why the notion "sailor of the merchant marine" fills with

myths that have nothing in common with the work at sea. Let`s have a look at the most popular myths!

1. Seamen earn oodles of money.
That is one of the most popular mistakes of all the misinformed people. Yeah, seamen have a great salary. However, we also have many other professions that give you an opportunity to earn the same amount of money. The fact is that the initial salary of the seamen is much bigger than the one you could get at the start of your career ashore, but the gap between them becomes smaller during the career. Moreover, you should take into account all the difficulties that seamen face while earning the money. For example, those are being away from home, hard work aboard etc.

2. Seamen always suffer from the seasickness.
"Do you suffer from the motion sickness?" – that`s one of the most popular questions. Just like the motion sickness, seasickness is subjective and affects people from time to time – someone suffers more than others do, someone – less, someone has never suffered from such a disease. Everything`s individual.

3. Seamen deal with pirates every day.
Everyone has seen films about pirates of the Caribbean. Everyone is worried about the increasing number of pirates off the coast of Somalia. However, pirates don`t wait for vessels in every pond! The piracy is concentrated in certain regions of the world. At the same time, you can`t be sure if the pirates will attack you in one of such regions. Nowadays, the armed security follows vessels in hot spots to protect them from the piracy.

4. All the seamen have the opportunity to explore new countries.
People are sure that the sailor of the merchant marine is some kind of carefree traveler. Unfortunately, that`s not true. Unloading in port passes quickly and effectively – that`s why seamen have a little time or even have none of it to go ashore. Bulk carriers are probably the only type of ship that can stay in port for several days. Nevertheless, a seaman would better stay in his cabin after working shift instead of going ashore. That`s why the fact that the seamen visit new ports and new countries doesn't mean that they can afford roaming freely in search of sights.

5. Seamen lead a glamorous lifestyle.
People, who don`t know what exactly a work at the sea is, think that it`s really glamorous. Vessels, exotic countries, smart uniform, new technologies, enchanting sea seem like a Hollywood film. Unfortunately (or fortunately), people have no opportunity to see dirty overalls, torn safety shoes, seamen`s tired faces, covered with dust etc.

6. Seamen have an easy life with "6 months aboard – 6 months ashore" schedule.
Many people believe that that`s the normal schedule of a seaman – 6 through 6.

That`s why they think that it`s easy to live when you`re a seaman – you only work six months and then you sit back for another six months. That`s absurdly to think this way. For the first, contracts vary in duration. Your schedule can differ depending on the company and your position on the board. Secondly, during those months of rest, seamen only spend all the money they earned. Thirdly, the work that seamen do aboard during all the months of contract makes it necessary to come back home and have a rest – on purpose of not going mad. However, family, relationships, studies and exams can hardly let a seaman to relax fully.

7. Every seaman should be a great swimmer.
People think that all the seamen have to be great swimmers just because they work at sea. The common mistake is that people believe that when the ship wrecks, seamen have to reach a coast or another vessels by their own efforts. However, it doesn`t depend on seaman`s swimming skills – it`s almost impossible to overcome the distance to the coast by swimming or to stay afloat during extreme weather conditions. Moreover, there are always individual protection means aboard. For example, those are lifejackets or lifeboats.

8. There`s nothing to do for the seamen during the ship transitions.
Most people believe that seamen have an easy life because they have nothing to do during the period when the ship goes from one port to another. However, this statement is not true at all. Seamen are one of the most hardworking people in the world, who face different difficulties aboard every day: trainings, watches, drills, equipment testing, repair works etc.

УДК 378.147

Билозер А., Коломийченко Л.А.
National university «Odesa maritime academy»

Safety on board ship

The ship’s crew should always remember that whatever they do, the bottom line in all circumstances must be – ‘Safety First’.

Read ISM Code and SMS

ISM Code

implementing various safe practices on board ships.

ISM code works with the motive of satisfying three important goals:

Safety of people on board

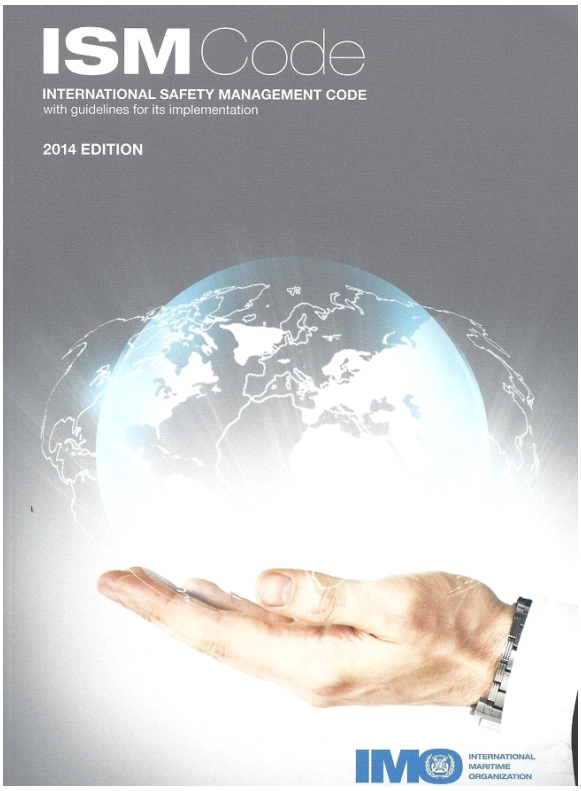
Safety of ship and cargo

Safety of marine environment

Every seafarer should develop the right safety attitude on board ships.

Known as the International Safety Management Code, the ISM Code is one of the aforementioned required regulations in the marine industry. From the year 1994, it has been a very vital component of the SOLAS Convention (Safety of Life at Sea).

It was in this year that this code was formally adopted and integrated as a part of the SOLAS Convention.



In other words, it can be also highlighted that the ISM Code Shipping is an intrinsic part of the International Maritime Organisation (IMO) in its efforts to ensure, maintain and effectuate safety for the seafarers as well as simultaneously providing a pollution free zone for the sector entirely.

For implementing ISM code on ships, all the three – the shipping company, the governing authority, and the ship's crew together play an important role. Every seafarer should know the important aspects of the ISM code in order to create a safe working environment while at sea.

Personal Protective Equipment (PPE) Used Onboard Ship

Safety of self and co-workers is the prime priority kept in mind by a professional seafarer while working onboard ship. All shipping companies ensure that their crew follow personal safety procedures and rules for all the operation carried onboard ships.

To achieve utmost safety on board ship, the basic step is to make sure that everybody wears their personal protective equipments made for different types of jobs carried out on ship.

Following are the basic personal protective equipments (ppe) that are always present onboard a ship to ensure safety of the working crew:

Protective Clothing: Protective clothing is a coverall which protects the body of the crew member from hazardous substance like hot oil, water, welding spark etc. It is popularly known as "dangri "or "boiler suit".

Helmet: The most important part of the human body is the head. It needs utmost protection which is provided by a hard plastic helmet on the ship. A chin strap is

also provided with the helmet which keeps the helmet on place when there is a trip or fall.

Safety Shoes: Maximum of the internal space of the ship is utilized by cargo and machinery, which is made of hard metal and which make it clumsy for crew to walk around. Safety shoes ensure that nothing happens to the crew member's feet while working or walking onboard.

Safety Hand gloves: Different types of hand gloves are provided onboard ship. All these are used in operations wherein it becomes imperative to protect ones hands. Some of the gloves provided are heat resistant gloves to work on hot surface, cotton gloves for normal operation, welding gloves, chemical gloves etc.

Goggles: Eyes are the most sensitive part of the human body and in daily operations on ship chances are very high for having an eye injury. Protective glass or goggles are used for eye protection, whereas welding goggles are used for welding operation which protects the eyes from high intensity spark.

Ear Muff/plug: Engine room of the ship produces 110-120 db of sound which is very high for human ears. Even few minutes of exposure can lead to head ache, irritation and sometimes partial or full hearing loss. An ear muff or ear plug is used on board ship which dampens the noise to a bearable decibel value.

Safety harness: Routine ship operation includes maintenance and painting of high and elevated surfaces which require crew members to reach areas that are not easily accessible. To avoid a fall from such heightened area, safety harness is used. Safety harness is donned by the operator at one end and tied at a strong point on the other end.

Face mask: Working on insulation surface, painting or carbon cleaning involves minor hazardous particles which are harmful for human body if inhaled directly. To avoid this, face mask are provided which acts as shield from hazardous particle.

Welding shield: Welding is a very common operation onboard ship for structural repairs. A welder is provided with welding shield or mask which protects the eyes from coming in direct contact with ultraviolet rays of the spark of the weld.

Safety Measures– Safety Comes First

Safety measures and precautionary steps should be taken to ensure shipyard safety. Protecting structures like railings, platforms and mid rails along with other shipyard safety measures should be ensured around the working space of workers

This helps the workers to a great extent and can prevent a minor accident from turning into something much more serious.

Awareness of the Workers – It's Starts Within

In many cases, ignorance on part of the workers themselves leads to severe cases. Workers who might be unaware about handling equipment or about the safety norms of deck are more likely to run into an accident than those who do. Hence, it is important that workers are regularly briefed about these aspects so that the working place can become lot safer for them and for others.

Moreover, the workers themselves should show interest in increasing the safety level of the shipyard.

Clearing Work Space – Unclutter the Work Place

Workers on a shipyard work on everything from a cramped space to platforms above the ocean. With workspaces as extreme as these, there is no room for error and definitely not for things out of place. Leaving things unattended around a shipyard is inviting trouble. In order to maintain safety in shipyard, it should be ensured that workers clear their working space first. There should be no unwanted material like tools, ropes, planks, paint tins etc lying around. Anything that a person can trip on is like a danger sign. Make sure they are out of the way.

Team Effort and Cooperation

Workers are the ones who spend the most time on a shipyard. In case of an accident, before proper help arrives, it is fellow workers who reach the victim. Hence, it is their responsibility to a great extent to look after a person who has been hurt until proper help can be given to him

Safety of workers depends up to a large extent on the entire working environment. Workers should work together, as a single unit. Believe it or not, this minor care towards proper efficiency of work can make immense difference in shipyard safety. From getting a job done to helping each other during an emergency, team effort plays an important role in a shipyard.

Separate Shipyard Safety Training Sessions

This is one of the most important factor for ensuring occupational safety and health on a shipyard. Workers and every other person of entire shipyard personnel must be well aware about various aspects of measures that can be taken to maintain safety in ship yard. This kind of shipyard safety training should be given to every worker on the shipyard before they start working. This training includes various aspects of entire process to ensure shipyard safety right from the legally mandatory factors to tips for emergencies. Also, First Aid Training in a Must for everyone working in a shipyard.

Protective Gear –Never Avoid Them

Proper protective gear must always be worn by workers at all times. In most cases, this helps in preventing an accident to a great extent or can help in keeping the degree of severity of accident to the minimum levels.

Protective gears like goggles, gloves, floatation devices when working over water, full body harnesses when working at high levels are some of the protective gears that must be made available to workers at all times.

Legal Awareness – Educate oneself

Knowing about the standards set by the government exclusively to maintain safety of workers working on shipyards help the employers to forwards much safer working conditions to their workers. Standards such as one stating that any platform above height of five feet must be provided with suitable guardrails for safety of workers on working on it help in ensuring maximum safety that can be offered under such dangerous working conditions.Workers should also be aware of the minimum number of rest hours mentioned by the maritime law.

Communication – Communication Gap Can Lead to Great Danger

In end, nothing promotes occupational safety and health of shipyard better than communication between workers and authorities.

Two way communication to extend knowledge about various aspects and to discuss about problems being faced by workers helps in making sure that no information is being missed out on.

Personal Safety On board

УДК 378.147

Бозбей Д., Савватеева В.Д.
National university «Odesa maritime academy»

History of Signaling At Sea.

History of signaling at sea.Appearing of first signals and flags. The first numerical flag code by a french officer.Improved signaling system of Royal and U.S Navy. Changes in signaling improved for merchant marine.International Code of Signals(ICS).

From at least the time of the ancient Athenians, admirals have hoisted various flags as signals to other members of the fleet to take various actions. For most of that time up until the mid-1700s, however, the number of possible signals were few and inflexible. Originally, the flags were intended to convey a single message to all the ships of the fleet, often "come aboard the flagship for a conference" where the admiral could convey more detailed tactical directions. The Anglo-Dutch naval wars of the 17th century provided considerable impetus on both sides for more and more elaborate signals, culminating in the Royal Navy's Permanent Fighting Instructions. The edition issued in 1691, which remained basically intact for the next century, provided 45 fixed messages using a combination of eleven flags that could be displayed at nine different points on the flagship. Moreover, as tactics came to require more and more signals--three were added in 1740, for example--the old system became increasingly unwieldy. In 1738, a French officer named Mahé de la Bourdonnais devised the first numerical flag code, the basis on which all later development of flaghoist signaling was based. Bourdonnais assigned a different flag to each number, 0 through 9. With three sets of flags, a ship could make 1,000 different combinations of three-flag signals. But signals development in the Royal Navy lagged behind that of the French going into the last quarter of the 18th century, something of which a select group of British officers were well aware. One tactical innovator was Admiral Richard Kempenfelt. He received a permission to experiment with adoption of numerary signaling in his squadron operating in the North Sea. Tragically, he died,but one of his fellow innovators was able to carry the new approach to fruition. This was Richard, Earl Howe, who became First Lord of the Admiralty in 1783 and introduced his own numerary signal system throughout the fleet in 1790. Howe's innovations included the use of substitute or repeater pennants, so that only one set of flags was necessary instead of three, and the introduction of additional control flags. Howe also introduced the concept of assigning a number to each ship so that signals could be addressed individually instead of collectively. In 1800, Rear Admiral Sir Home Popham expanded on the Howe system with his *Telegraphic Signals or Marine Vocabulary.* Working from the ten existing numeral flags of the Admiralty *Signal Book,* Popham developed the world's first alphabetic flag signal system. Flags one through nine were assigned to letters A through J (I and J counting as a single letter). Two-flag hoists accounted for the rest of the alphabet. Popham's code included a numbered dictionary of 3,000 predefined words and sentences.The Admi-

ralty adopted the Popham system to augment that of the 1799 *Signal Book,* and by 1813 an expansion and revision of the Popham code contained 6,000 set phrases and some 60,000 words.

In the U.S Navy commodore Thomas Truxtun published a set of *Instructions, Signals and Explanations Ordered for the United States Fleet* in 1797, which was basically a numerary system along the lines of Howe's 1790 code. However, Commodore David Porter issued a signal book to his squadron that went a small step beyond the Popham system. They were still numerical,but with some changes in the position of letters and their meanings. As in the Royal Navy, successive editions of the signal books contained the same basic flag designs, but with the numbers assigned to them rearranged. The purpose of these changes was clear--to guard against compromise of this sensitive tactical communications information. For the same reason, signal books were bound with heavy lead plates bolted to the covers so that they would sink to the bottom if a captain had them thrown overboard to prevent their capture. In 1817, Captain Frederick Marryat of the Royal Navy published his *Code of Signals for the Merchant Service*. Based on the 1799 naval code, it was also a numeric system, but with a vocabulary oriented more toward commercial and less toward naval needs. Marryat's code was widely accepted, and by 1854 was known as the "Universal Code of Signals." In the United States, a number of codes were developed for the merchant marine, including James M. Elford's *Universal Signal Book (1818),* Richard Berrian's *American Telegraphic and Signal Book* (1823), and J. R. Parker's *American Signal Book* (1832). Parker's system was updated and improved in a number of successive editions and was eventually succeeded in 1847 by Henry J. Rogers' *Rogers and Black's American Semaphoric Signal Book for the Use of Vessels Employed in the United States Naval, Revenue and Merchant Service.* A year later, a breakthrough in the science of marine communications made Rogers' system obsolete That breakthrough was midwifed by the British Board of Trade, the government agency responsible for the merchant marine. In 1855, the Board had appointed a committee to develop an improved code, which was promulgated in 1857 as the *Commercial Code of Signals.* The breathtaking increase in flexibility and order of magnitude leap in the number of signals that could be constructed made the new system a rapid success: 18 letters and 10 numerals could be hoisted in over 20,000 three-flag combinations, compared to only 1,000 using numbers alone. Over the years, the Commercial Code was expanded, revised, and updated. In 1870, it was renamed the *International Code of Signals* and before the turn of the century all the major maritime powers were publishing their own editions of the code. In 1965, management of the ICS was taken over by the United Nations' International Maritime Organization. Each major seafaring country still publishes the ICS for the use of its mariners.

УДК 378.147

Рукас Д. О., Олейник А. А.
National university «Odesa maritime academy»

The evolution of piracy

The earliest documented instances of piracy are dated in the 14th century BC

In classical antiquity, the Phoenicians, Illyrians and Tyrrhenians were known as pirates. In the pre-classical era, the ancient Greeks condoned piracy as a viable profession In the 3rd century BC, pirate attacks on Olympos (city in Anatolia) brought impoverishment.

Some of the most famous ancient pirateering peoples were the Illyrians, a people populating the western Balkan peninsula. It was not until 229 BC when the Romans finally decisively beat the Illyrian fleets that their threat was ended.

As early as 258 AD, the Gothic-Herulic fleet ravaged towns on the coasts of the Black Sea and Sea of Marmara. The Aegean coast suffered similar attacks a few years later. In 264, the Goths reached Galatia and Cappadocia, and Gothic pirates landed on Cyprus and Crete. In the process, the Goths were seizing enormous property and took thousands into captivity.

The most widely known and far-reaching pirates in medieval Europe were the Vikings, seaborne warriors from Scandinavia who raided and looted mainly between the 8th and 12th centuries, during the Viking Age in the Early Middle Ages. They raided the coasts, rivers and inland cities of all Western Europe as far as Seville, which was attacked by the Norse in 844.

In the Late Middle Ages, the Frisian pirates known as Arumer Zwarte Hoop led by Pier Gerlofs Donia and Wijerd Jelckama, fought successfully against the troops of the Holy Roman Emperor Charles V.

The Golden Age of Piracy is a common designation given to usually one or more outbursts of piracy in the maritime history of the early modern period. In its broadest accepted definition, the Golden Age of Piracy spans the 1650s to the 1730s and covers three separate outbursts of piracy:

"No purchase, no pay" (or "no prey, no pay") was a phrase used by pirates and privateers, of the 17th century in particular, to describe the conditions under which participants were expected to join expeditions or raids.

In the case of an unsuccessful raid, participants might receive nothing at all. But in the event that a raid was successful, loot was often shared equitably and democratically with clear ratios based on seniority and length of service.

Piracy in the 21st century has taken place in a number of waters around the world, including the Gulf of Guinea, Strait of Malacca, Indian Ocean, and Falcon Lake.

УДК 378.147

Блашко А., Савватеева В.Д.
National university «Odesa maritime academy»

History of the Royal Navy

The official history of the Royal Navy began with the formal establishment of the Royal Navy as the national naval force of the Kingdom of England in 1660, following the Restoration of King Charles II to the throne. However, for more than a thousand years before that there had been English naval forces varying in type and organization.

Before the creation of the Royal Navy, the English navy had no defined moment of formation; it started out as a motley assortment of "King's ships" during the Middle Ages assembled only as needed and then dispersed, began to take shape as a standing navy during the 16th century, and became a regular establishment during

the tumults of the 17th century. The Navy grew considerably during the global struggle with France that started in 1690 and culminated in the Napoleonic Wars, a time when the practice of fighting under sail was developed to its highest point. For ex.: Some evidence of English ship construction in the Anglo-Saxon period is available from the boat burials at Snape (about 550) and Sutton Hoo (about 625), though warships would probably have been larger than the vessels interred there. There is little evidence of the naval activities of the English kingdoms before the mid-9th century, but King Edwin of Northumbria (616/7-633/4) conquered the Isle of Man and Anglesey, and another King of Northumbria, Ecgfrith, sent a military expedition to Ireland in 684.

After 1603 the English and Scottish fleets were organized together under James I but the efficiency of the Navy declined gradually, while corruption grew until brought under control in an inquiry of 1618. James concluded a peace with Spain and privateering was outlawed. Notable construction in the early 17th century included the 1,200-ton HMS Prince Royal, the first three-decker, and HMS Sovereign of the Seas in 1637, designed by Phineas Pett. Operations under James I did not go well, with expeditions against Algerian pirates in 1620/1, Cadiz in 1625, and La Rochelle in 1627/8 being expensive failures.

The Royal Navy of Great Britain became famous during the Napoleonic Wars. In 1797 was Battle of Cape St Vincent. The Battle of Cape St Vincent (14 February 1797) was one of the opening battles of the Anglo-Spanish War (1796–1808), as part of the French Revolutionary Wars, where a British fleet under Admiral Sir John Jervis defeated a larger Spanish fleet under Admiral Don José de Córdoba.

After 1827 there were no major battles until 1914. The navy was used against shore installations, such as those in the Baltic and Black Sea in 1854 and 1855, to fight pirates; to hunt down slave ships; and to assist the army when sailors and marines were landed as naval brigades, as on many occasions between the siege of Sebastopol and the 1900 Boxer Rebellion. With a fleet larger than any two rivals combined, the British nation could take security for granted, but at all times the national leaders and public opinion supported a powerful navy, and service was of high prestige.

Steam power was of interest to the Royal Navy from the beginning of the 19th century, since it neatly solved the difficult and dangerous sailing problems encountered in estuaries and other inshore areas.

Iron in ship construction was first used for diagonal-cross-bracing in major warships. The adoption of iron hulls for ocean-going ships had to wait until after Admiralty experiments had solved the problem of an iron-hull's effect on compass deviation. In 1858 France built the first seagoing ironclad, Gloire, and Britain responded with Warrior of 1860, the first of the 1860s Naval Arms Race—an intensive programme of construction that eclipsed French efforts by 1870.

Both naval construction and naval strategizing became intense, prompted by the development of torpedoes and submarines (from 1901), which challenged traditional ideas about the power of battleships. At the same time the Dreadnought committed to the "big gun only" concept and caused a shift in thinking around the world, giving

Britain the undisputed lead. This ship had ten 12-inch guns with a top speed of 21.5 knots.

The Royal Navy began developing submarines beginning on 4 February 1901. The first British Holland No. 1 submarine (assembled by Vickers) was 63 feet 4 inches long.

England finished the First World War with the largest fleet in the world.

At the start of World War II, Britain's global commitments were reflected in the Navy's deployment. Its first task remained the protection of trade, since Britain was heavily dependent upon imports of food and raw materials, and the global empire was also interdependent.

The Royal Navy suffered heavy losses in the first two years of the war. Over 3,000 people were lost when the converted troopship RMS Lancastria was sunk in June 1940, the greatest maritime disaster in Britain's history.

After the Second World War, the decline of the British Empire and the economic hardships in Britain forced the reduction in the size and capability of the Royal Navy. The increasingly powerful United States Navy took on the former role of the Royal Navy as global naval power and police force of the sea.

But progress did not stop and by 1962 a new Dreadnought became Britain's first nuclear-powered submarine and in 1968 the first ballistic missile submarine Resolution was commissioned, armed with the Polaris missile.

The most important operation conducted predominantly by the Royal Navy after the Second World War was the defeat in 1982 of Argentina in the Falkland Islands War.

Despite losing four naval ships and other civilian and RFA ships the Royal Navy proved it was still able to fight a battle 8,345 miles (12,800 km) from Great Britain. HMS Conqueror is the only nuclear-powered submarine to have engaged an enemy ship with torpedoes, sinking the Argentine cruiser ARA General Belgrano.

Today the British Navy includes 1 aircraft carrier, 1 landing helicopter carrier, 2 landing ships, 4 nuclear submarines with ballistic missiles, 6 multipurpose submarines, 6 destroyers, 13 frigates, 15 minesweepers and 22 patrol ships.

УДК 378.147

Сиромля Д С., Бугаенко Т И
National university «Odesa maritime academy»

Ship Terms And Definitions Even Smart People Misuse

Ship terms related to the nautical industry are often misunderstood not only by the people outside of the industry but also from who are part of it. Such misunderstanding of terms or definitions can lead to confusion among people, resulting in accident, loss or sheer embarrassment.

A number of these ship terms are very commonly used and spoken of; however, the fact remains that the true meaning of a number of them are still not fully understood by even the smartest people.

Let's take a look at some of the most commonly misused and misunderstood ship terms and definitions. (Please do note that this is not an exhaustive list of misunderstood and words used on ships, but the important ones, we felt, need to be addressed.)

1. Weathertight Doors And Watertight Doors
2. Gross Tonnage and Net Tonnage
3. Gulf and Bay
4. Straits, Channels And Canals д
5. Density and Specific Gravity
6. Fairleads, Chocks, Bitts, Bollards And Dolphins
7. Derricks And Cranes
8. Swinging Circle And Turning Circle
9. Gangway And Accommodation Ladders
10. 10.Annex, Code, Convention And Protocol

УДК 378.147

Чуковецкий В., Грищенко С.А.
National university «Odesa maritime academy»

Marine Pollution

Marine pollution has a long history, significant international laws to counter it were only enacted in the twentieth century. Marine pollution was a concern during several United Nations Conventions on the Law of the Sea beginning in the 1950s. After several accidents in 1960s a major area of discussion during the 1972 United Nations Conference on the Human Environment in Stockholm, Sweden payed for marine pollution and sea enviroment and in the end of year the London Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter was signed. In short it is known as MARPOL 73/78 - International Convention for the Prevention of Pollution from Ships.

It deals with discharge of oil into the ocean environment and it intends to minimize oil discharge into the ocean during ship operations such as engine room bilge water (OWS), ballast and tank cleaning waste (ODME) and pollution in case of accidents. It also introduces the concept of «special sea areas» (PPSE). Discharge of oil within them has been completely outlawed, with a few minimal exceptions.

The main attention of Annex I are various generations of technologies and equipment that have been developed to prevent waste such as: Oily water separators (OWS), Oil Content meters (OCM), and Port Reception Facilities, The Oil Record Book with helps crew members log and keep track of oily waste water discharges among other things.

It details the discharge criteria for the elimination of pollution by noxious liquid substances carried in large quantities. Also Annex II covers the International Bulk Chemical Code (IBC Code) in conjunction with Chapter 7 of the SOLAS Convention. Previously, chemical tankers constructed before 1 July 1986 complied with the

requirements of the Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk (BCH Code).

It contains general requirements for the standards on packing, marking, labeling, documentation, stowage, quantity subtraction, division and notifications for preventing pollution by harmful substances. The Annex is in line with the procedures detailed in the International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code, which has been expanded to include marine pollutants.

It introduces requirements to control pollution of the sea by sewage from ships. The discharge of sewage into the sea within a specified distance of the nearest land is prohibited, unless they have an operation on approved sewage treatment plant.

It specifies the distances from land in which materials may be disposed of and subdivides different types of garbage and marine debris.The requirements are much stricter in a number of "special areas" but the complete ban of dumping plastic into the ocean.

It introduces requirements to regulate the air pollution being emitted by ships, including the emission of ozone-depleting substances and shipboard incineration. It also establishes requirements for reception facilities for wastes from exhaust gas cleaning systems, incinerators, fuel oil quality, for off-shore platforms and drilling rigs and for the establishment of SOx Emission Control Areas (SECAs).

УДК 378.147

Хмеленко Н., Коломийченко Л.А.
National university «Odesa maritime academy»

Safety drills on board ship

Abandon Ship

Upon hearing the auditory signal – Seven Short Blasts, One Long Blast, all crew members and passengers are to report to their assigned muster stations and stand in order of their Numbers in the Muster List. The Master gives a verbal order to abandon the ship and the crew members enter the Lifeboat according to their numbers in the Muster List.

According to SOLAS every crew member shall participate in at least one abandon ship drill every month. The drills of the crew shall take place within 24 hours of the ship leaving a port if more than 25% of the crew has not participated in abandon ship and fire drills on board that particular ship in the previous month.

Fire Drills

Fires are the major source of accidents on board, Efficient and regular drills ensure the crew members are properly trained to tackle and fight fires.

All crew members are assigned tasks so that everyone works as a team, drills ensure that all members are familiar with their tasks and can perform their best during a real emergency

All crew members are trained in specialized Fire Fighting Appliances like CO2 release system, SCBA, Fireman Outfit Donning etc by Senior Officers.

The crew members are trained to use emergency escape routes when the need arises and also made aware of the company policies regarding such emergencies. A mock drill using all essential firefighting apparatus is performed so that the effectiveness of the entire team can be gauged and improved systematically.

Piracy Drill

This drill includes 2 stages. The first stage includes preparing before entering the pirate zone. Every crew member must check all doors, windows, hatches etc are locked to prevent entering the ship from the outside. While sailing through a pirate zone the vessel's speed must be 18 knots or faster.

The second step includes actions in case of pirates somehow got on board a ship. All crew must immediately go to the "castle" (engine room) and take water and provision if possible. Then all entries to the engine room are closed. After these actions you must send signals/messages about pirate attack using all communications available and wait for help.

Usually merchant ships have 2 armed guards hired by the company during sailing the pirate zone areas. They prevent pirate invasion before pirates could get close enough to the ship.

Helicopter operations

It's not actually a drill, but operation that need special attention and preparations. These operations are proceeded in case of immediate hospitalization of any crewmember, or if any crewmember has any ponderable reason for evacuation. First of all the communication between Master and Pilots of the helicopter must be quick and clear. All actions must be done as quick as possible, but according to the safety precautions.

The helicopter hovers above the heli landing area and crewmembers around this area. All following equipment must be available: Crow Bar, Large Axe, Wire Cutters, Hand Signals, Emergency Signal Torch, Wind Stock, Marshalling Batons, First Aid Equipment, Extinguishers.

Bomb Drill

It's type of security drill which usually done at vessels that sail to the countries with high level of terrorism. During this drill the aim of every crewmember to find the suspicious objects that could actually be a bomb. After finding this objects you should immediately fence this thing around and report to the Master, port administration and police.

УДК 629.5(:09):069.51(421.6)

Гнатюк Б.І., Олійник Г.О.
National university «Odesa maritime academy»

History of Cutty Sark

Cutty Sark

Construction

- *Cutty Sark* was built for a firm of ship owners called Willis & Sons, headed by John 'Jock' Willis, whose ambition was that she be the fastest ship in the annual race to bring home the first of the new season's tea from China.
- She was designed by Hercules Linton. It is believed that he moulded the bow-lines of Willis's earlier vessel Tweed into the midship attributes of Firth of Forth fishing boats, creating a beautiful new hull shape that was stronger, could take more sail, and be driven harder than any other.

Class and type:	Clipper
Tonnage:	963 GRT
Displacement:	2,100 tons (2,133.7 tonnes) at 20 ft (6.1 m) draught
Length:	• Hull: 212.5 ft (64.77 m) • LOA: 280 ft (85.34 m)
Beam:	36 ft (10.97 m)
Propulsion:	32,000 sq ft sail (3000 hp)
Sail plan:	• 1870: ship rig • 1916: barquentine rig
Speed:	17.5 kn (32.4 km/h) maximum achieved
Capacity:	1,700 tons (1542 tonnes)
Complement:	28–35

- The company had never built a ship of this size before and ran into financial difficulties, eventually going bankrupt before she was completed. The final details of the fitting out had to be completed by William Denny & Brothers, Scott & Linton's landlords and the guarantors for the completion of the work on the original contract.
- *Cutty Sark* was towed to Greenock for final work on her masts and rigging. She was then brought to London to load her first cargo for China in 1870.

Youth

During her lifetime Cutty Sark worked for different purposes:

Her "childhood" began as a tea carrying ship. Within this time the ship showed good speed results but never got to the best. But soon in 80s she will get her deserved name as one of the fastest clipper ships.

The advent of *Cutty Sark*'s teenage years marked her most successful phase as a working cargo ship - transporting wool from Australia. Her return passage of 83 days was the best of the year, beating every ship sailing at about the same time by 25 days to over a month. This was a remarkable feat, considering that *Cutty Sark* was now 14 years old, almost halfway through her expected working life of 30 years. In July 1889, *Cutty Sark* was involved in a famous incident with the crack P&O steam ship *Britannia*. On the night of July 25, *Britannia*, doing between 14.5 and 16 knots, was overhauled by *Cutty Sark* doing good 17 knots. Robert Olivey, Second Officer

on *Britannia*, watched the lights of the sailing ship overhauling his vessel with amazement and called Captain Hector. Neither could have known it was *Cutty Sark*, and *Britannia*'s log read with great amazement: 'Sailing ship overhauled and passed us!'

Old Ages

Dwindling margins saw *Cutty Sark*'s owners take the decision to sell her off to a Portuguese firm.

After being bought by J. Ferreira & Co., *Cutty Sark* was renamed to the *Ferreira*. Reminiscent of her days in the late 1870s and early 1880s, *Ferreira* tramped various cargoes mainly between Portugal and her empire, and was a regular visitor to Rio, New Orleans, Mozambique, Angola and the UK. In the 20th century she traded regularly between Oporto, Rio, New Orleans and Lisbon, and her crew claimed she was still capable of doing 16 knots. By January 1922 *Ferreira* ran into a Channel gale, and the captain put into Falmouth harbour to repair the damage. Wilfred Dowman, a retired windjammer skipper and owner of the training ship Lady of Avenel, saw the ship and set out to buy her. However, she returned to Lisbon without further mishap and was sold to a new Portuguese owner who changed her name to *Maria do Amparo*. Dowman was determined to rescue her. He offered a price of £3750 – more than what she was worth even in 1895 – and finally *Ferreira* was brought back to Falmouth. In 1923 her old name and nationality was restored – *Cutty Sark* had been returned to British ownership.

Nowadays

Today Cutty Sark is used as a museum. She already has come to her last harbor in London.

Cutty Sark symbolies freedom and faith. Maybe that will be one day when we would come to our harbor. But till that time we have to show our best and overcome all storms and gales to reach our goal.

УДК656.615(100)

Demianenko I., Oliynik A. O.
National university «Odesa maritime academy»

Top 10 Busiest Ports in the World

Port of Tianjin, China

Tianjjn port is the largest port in Northern China and the main gateway to Beijing. In 2015, it had a TEU volume of 14.11mn; an increased volume of almost 2mn TEUs in two years. Formerly known as the Port of Tanggu, the port was originally opened in 1860, before being reopened as Tianjin in 1952. The port is currently operated by Tianjin Port Group.

Port of Jebel Ali, United Arab Emirates

Jebel Ali is situated in Dubai and, as of 2016, has a volume of 15.60m TEU. The port is operated by DP World UAE Region and is the largest port in the Middle East.

The Operator holds over 78 marine terminals around the world, but Jebel Ali is its flagship. Jebel Ali connects with more than 140 ports globally.

Port of Guangzhou, China

Guangzhou Harbour holds a volume of 17.22mn TEUs and is operated by Guangzhou Port Group Co Ltd; a state-owned company. Guangzhou is an ancient port, but the company itself was established in 2004. Guangzhou Harbour is the largest port in South China and reaches over 300 ports worldwide.

Port of Qingdao, China

The port has been operating since 1892 and was renamed as Qingdao Port in 1987. As of the end of 2016, the operator Qingdao Port International CO Ltd operated 81 berths at the port, including 51 dedicated to a single type of cargo and 30 capable of handling metal ore, coal and general cargo. Qingdao port has a current volume of 17.47mn TEUs.

Port of Busan, South Korea

Port of Busan is the largest port in South Korea and was opened in 1876. It has been operated by the Busan Port Authority at Busan Harbor for over a decade, and in 2015 it handled 19.45mn TEUs, making it the world's sixth busiest container port by traffic.

Port of Hong Kong, SAR, China

The Port of Hong Kong, by Victoria Harbour, is a deep-water sea port operated by the Hong Kong Maritime and Port Board. It handled 20.07mn TEUs in 2015 and provides around 330 container liner services per week, connecting to around 470 ports across the world. The port mainly deals with manufactured products, but also handles some raw materials and passengers.

Port of Ningbo-Zhoushan, China

Ningbo-Zhoushan Port has a long history: Ningbo Port was established as early as 738 and has always been one of China's major seaports. In 2006, it was merged with the neighbouring Port of Zhoushan. The port is at the crossroads of the north-south inland and coastal shipping route that lead to the important inland waterway to interior China. In 2015, the port handled 20.63mn TEUs.

Port of Shenzhen, China

The Port of Shenzhen is a collection of ports along the coastline of Shenzhen, which is 260km long. One of the busiest and fastest growing container ports in the world, it hosts 39 shipping companies with 131 international container routes. The port has 140 berths in total and in 2015 handled 24.20mn TEUs.

Port of Singapore, China

The port of Singapore accounts for one seventh of the world's container shipments and is also one of the world's largest refrigerated container ports, connected to over 600 others around the world. The port also trans-ships a fifth of the world's shipping containers. In 2015, the port handled 30.92mn TEUs.

Port of Shanghai, China

The size of 470 football pitches, Shanghai port is said to have enabled China to become the world's largest trading nation. Shanghai's annual import and export trade makes up a quarter of China's foreign trade in value. The port handled over

36.54mn TEUs in 2015. Opened as a treaty port in 1842, since 2003 the port has been managed by Shanghai International Port, which is a majority state-owned firm.

УДК656.615(100)

Казаринов К., Олейник А.А.
National university «Odesa maritime academy»

Folklore of the Sea.

Poseidon

Talking about Marine Mythology we should mention one of the Twelve Olympians in ancient Greek myth and his name is Poseidon (Roman equivalent is Neptune). He is a goddess of oceans, seas, rivers, water, earthquakes, soil, storms and horses. Poseidon was protector of seafarers and a major civic god of several cities: Hellenic cities and colonies, in Athens, he was second only to Athena in importance, while in Corinth and many cities of Magna Graecia he was the chief god of the polis. In his benign aspect, Poseidon was seen as creating new islands and offering calm seas. When offended or ignored, he supposedly struck the ground with his trident and caused chaotic springs, earthquakes, drownings and shipwrecks. Sailors prayed to Poseidon for a safe voyage, sometimes drowning horses as a sacrifice; in this way, according to a fragmentary papyrus, Alexander the Great paused at the Syrian seashore before the climactic battle of Issus, and resorted to prayers, "invoking Poseidon the sea-god, for whom he ordered a four-horse chariot to be cast into the waves".

As you may have noticed, the description of Poseidon is very similar or even the same as the description of Neptune. That means almost every seaside nation has its own myths, which are very similar to others nation's mythologies. And one of these marine mythology creatures are Nymphs.

Nymphs

A nymph in Greek and Latin mythology is a minor female nature deity typically associated with a particular location or landform. Different from other goddesses, nymphs are generally regarded as divine spirits who animate nature, and are usually depicted as beautiful, young nubile maidens who love to dance and sing; their amorous freedom sets them apart from the restricted and chaste wives and daughters of the Greek polis. They are beloved by many and dwell in mountainous regions and forests by lakes and streams.

Nymphs are subdivided on:

Naiades, fresh water nymphs

Nereides, sea nymphs

Oceanides, Ocean water nymphs

Also, we know Sirens. They were dangerous creatures, who lured nearby sailors with their enchanting music and singing voices to shipwreck on the rocky coast of their island.

Gorgons

In Greek mythology, a Gorgon is a female creature. The name derives from the ancient Greek word gorgós, which means "dreadful", and appears to come from the same root as the Sanskrit word "garǧ" which is defined as a guttural sound, similar to the growling of a beast. While descriptions of Gorgons vary across Greek literature and occur in the earliest examples of Greek literature, the term commonly refers to any of three sisters who had hair made of living, venomous snakes, as well as a horrifying visage that turned those who beheld her to stone. Traditionally, while two of the Gorgons were immortal, Stheno and Euryale, their sister Medusa was not as she was slain by the demigod and hero Perseus.

Davy Jones' Locker

It would be a mistake, if I didn't mention one of the most famous myth, which is about Davy Jones' Locker.

Davy Jones' Locker is an idiom for the bottom of the sea: the state of death among drowned sailors and shipwrecks. It is used as a euphemism for drowning or shipwrecks in which the sailors' and ships' remains are consigned to the bottom of the sea (to be sent to Davy Jones' Locker).

The origins of the name of Davy Jones, the sailors' devil, are unclear, with a 19th-century dictionary tracing Davy Jones to a "ghost of Jonah". Other explanations of this nautical superstition have been put forth, including an incompetent sailor or a pub owner who kidnapped sailors.

Not all traditions dealing with Davy Jones are fearful. In traditions associated with sailors crossing the Equatorial line, there was a "raucous and rowdy" initiation presided over by those who had crossed the line before, known as shellbacks, or Sons of Neptune. The eldest shellback was called King Neptune, and Davy Jones would be re-enacted as his first assistant.

Thank you for your attention.

Матеріали науково-технічної конференції
" Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт",
22.03.2018 – 23.03.2018..

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