

**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"
23.03.2017 – 24.03.2017**

Частина 1

Одеса – 2017

Матеріали науково-технічної конференції "Річковий та морський флот: експлуатація і ремонт ", 23.03.2017 – 24.03.2017. Частина 1. – Одеса: НУ "ОМА", 2017. –279 с.

Матеріали публікуються згідно з поданими авторами оригіналами.

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ.....	7
<i>Голіков В.А., Савчук В.Д.</i> Результати науково-технічної діяльності Національного університету «Одеська морська академія» за 2016 рік	7
<i>Коллегаев М.А., Парменова Д.Г.</i> Реализация реформ в национальной системе высшего образования при подготовке командного плавсостава	14
<i>Чепалис И.В.</i> Особенности использования природного газа в качестве топлива судовых энергетических установок	18
ДВИГУНИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ.....	23
<i>Половинка Э.М., Слободянюк Н.В.</i> Процессы топливоподачи судового дизеля на переменных режимах.....	23
<i>Половинка Э.М., Ткач Ю.И.</i> Влияние условий подвода воздуха на характеристики впрыскивания топливо-воздушной смеси системой судового среднеоборотного дизеля	30
<i>Половинка Э.М., Бабенко А.А.</i> Влияние характеристик впрыскивания на процессы смесеобразования.....	36
<i>Малахов А.В., Палагин А.Н., Гудилко Р.Г., Малахова Д.О.</i> Изучение процесса разрушения движущихся воздушных каверн внутри заполненных балластных танков судов погружного типа SEMI-SUBMERSIBLE HEAVY-LIFT	41
<i>Абоleshкин С.Е., Захариков В.А.</i> Использование судовой паровой турбины на судах-газовозах.....	46
<i>Абоleshкин С.Е., Пилюк В.Р.</i> Анализ рисков в управлении техническим обслуживанием судна	50
<i>Веретенник А.М., Кардашев Д.Л., Абоleshкин С.Е.</i> Акселерометрический метод исследования крутильных колебаний коленчатого вала дизеля.....	54
<i>Заблоцкий Ю.В.</i> Повышение надежности работы топливной аппаратуры высокого давления судовых дизелей	57
<i>Maidanik I. V., Polovinka E. M.</i> Fuel injection process in modern marine engines	61
<i>Polovinka E.M.</i> Service Experience of MAN B&W Two-stroke Engines	65
<i>Chichko K.A., Polovinka E. M.</i> Improvement ecological characteristics of Marine Diesel Engines SCR	69
<i>Мацкевич Д.В.</i> Регенерация эксплуатационных свойств моторных масел судовых дизелей.....	72
<i>Сагин С.В.</i> Использование химической обработки топлива для улучшения показателей работы судового дизеля.....	74
<i>Брыль А.И.</i> Эксплуатационный контроль показателей газокompрессора главного судового двигателя.....	77

<i>Уласюк М., Веретенник А.М.</i> Эмульгирование нефтепродуктов водой методом волновой диспергации	79
<i>Семенов А.В.</i> Особенности смазывания цилиндровой группы судовых малооборотных дизелей.....	85
<i>Анфіногентов В.В., Драгой Д.В.</i> Аналіз енерговитрат на підготовку високов'язких мазутів перед подачею в ДВЗ	88
<i>Афтанюк В.В., Афтанюк А.В.</i> К вопросу моделирования судовых осевых насосов	93
<i>Гаврилкин О. Е.</i> Эксплуатационная надежность и экономичность судового пропульсивного комплекса с дизельной установкой	97
<i>Кирис А. В., Гарагуля Б. А.</i> Вязкостые характеристики технических жидкостей	101
<i>Кирис В.А.</i> Оценка целесообразности непрерывного производства пресной воды на морских судах	105
<i>Подмазко О.С., Піщанська Н.О.</i> Теоретичні основи розрахунку регулярних насадок випарного типу для центральних судових кондиціонерів	108
<i>Ярошенко В.М.</i> Энергетическая эффективность холодильных циклов с РТО промежуточного давления	111
<i>Корощенко Н.Н., Кошарська Л.В.</i> Учет требований эргономики при проектировании рулевой рубки скоростного судна или корабля ВМФ ..	117
<i>Куропятник А.</i> Обеспечение экологических характеристик работы судовых дизелей.....	120
<i>Акимов А.В.</i> Относительные показатели снижения токсичности дымовых газов при сжигании водомазутных эмульсий в судовых котлах.....	123
<i>Проценко В.О., Клементьева О.Ю.</i> Перспективи застосування канатних муфт для підвищення ремонтпридатності судових дизельних установок	126
<i>Княжковский С.М., Половинка Э.М.</i> Рабочие процессы двигателей на альтернативных сортах топлива.....	131
<i>Кобзарь В.М.</i> Капиллярная очистка нефтесодержащих вод.....	135
<i>Тимків О. В.</i> Визначення стану вузлів тертя двигуна внутрішнього згорання «Caterpillar – 3516С» з використанням датчика зносу	137
<i>Бузовский В.А., Гуцал П.В.</i> Оценка термодинамических свойств альтернативных хладагентов R404A и R407C.....	145
<i>Ермошкин Н.Г., Игнатенко А.А., Лукинова В.В.</i> Результаты исследования статических характеристик ЭУ судна типа «Инженер Ермошкин» на различных режимах	153
<i>Ермошкин Н.Г., Игнатенко А.А., Лукинова В.В.</i> Особенности новой муфты свободного хода для привода стартеров ГТД газотурбоходов типа «Инженер Ермошкин».....	160

<i>Ермошкин Н.Г., Слободянюк Н.В., Стельмах Г.Г.</i> Особенности управления распределением нагрузки между судовыми синхронными генераторами.....	166
<i>Корощенко Н.Н.</i> Учет требований эргономики при проектировании рулевой рубки скоростного судна или корабля ВМФ.....	172
<i>Корощенко Н.Н., Хапов А.П.</i> Оптимальное управление расхождением судов.....	175
<i>Шаров Р.А.</i> Некоторые особенности эксплуатации водометных движителей на скоростных кораблях ВМФ и торгового флота.....	182
<i>Гончаренко П.Д.</i> Опыт зимнего докования кораблей и судов Тихоокеанского флота.....	189
<i>Корощенко Н.Н., Кубицкий Р.О.</i> Интегральный индикатор навигационной обстановки	193
<i>Єрмошкін М.Г., Санига В.В., Ігнатенко О.А., Лукінова В.В.</i> Напрямки підвищення енергоефективності корабельного складу військово-морських сил.....	196

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ ТА ІНШОМОВНА ПІДГОТОВКА СУДНОВИХ ІНЖЕНЕРІВ..... 198

<i>Батынский А.И., Хнюнин С.Г.</i> Модель интерактивного доступа к базе данных системы дистанционного обучения в морском заочном образовании	198
<i>Удолатий В. Б.</i> Разработка алгоритма автоматического контроля содержания нефти при сливе балластных и промывочных вод.....	200
<i>Корх М.В.</i> Використання комп'ютерних презентацій при читанні лекцій з нарисної геометрії та інженерної графіки, як засіб підвищення інформативності навчального матеріалу	203
<i>Nikulina E.L.</i> Communicative exercises for training reading comprehension skills.	205
<i>Varhatiuk S. Nikulina E.L.</i> Types of marine propulsion systems.....	208
<i>Voloshyn O.O., Nikoulina E.L.</i> Medium voltage switchboard	209
<i>Dulger S.D., Nikoulina E.L.</i> Centrifugal Pumps.....	211
<i>Tsybukh A., Nikoulina E.L.</i> The Port of Shanghai	212
<i>Chaika A.V., Nikoulina E.L.</i> Nuclear power stations.....	213
<i>Oshmarin E., Nikoulina E.L.</i> Safety on Board	214
<i>Богомоллов О.С.</i> Сущность и практика функционально-коммуникативного подхода в обучении иностранному языку профессиональной направленности	217
<i>Шальов А. С.</i> Educational computer based programmes for maritime specialists training	220
<i>Karpelenya A. O., Shalyov A. S.</i> Electrical safety on shipboard	224
<i>Bondar M. A., Shalyov A. S.</i> How is alternative energy generated?.....	226
<i>Ivanov V. V., Shalyov A. S.</i> Programmable logic controller.....	228

<i>Pasiechka M. V., Shalyov A. S.</i> The evolution of PLC	230
<i>Abul hasan Nadim Hasan., Shalyov A. S.</i> Types of cargo vessels	232
<i>Козак С.В.</i> Наиболее часто встречающиеся ошибки при изучении английского языка на начальном этапе	234
<i>Popov D., Kozak S.</i> Confined space entry.....	236
<i>Khorunzhyi N., Kozak S.</i> The ISPS Code.....	239
<i>Jaiany L., Kozak S.V.</i> Radio and the Titanic	243
<i>Surmilo A.A., Kravets G.B.</i> Suicides among seamen during work at sea.....	244
<i>Kosiuk M., Kravets G.B.</i> General description	245
<i>Bilozer Aramais, Kolomiichenko L.A.</i> Matthew Pickett. How to stay motivated at sea.....	249
<i>Бондарь Р. В.</i> Малооборотные двигатели «Зульцер РТ-Флекс»	251
<i>Vovkovich S., Kolomiichenko L.A.</i> Automation and control.....	253
<i>Гринчук А.В.</i> Реализация интерактивного подхода в обучении иностранному языку как средство повышения эффективности образовательного процесса.....	255
<i>Koldunov V., Koblik V.V.</i> How to Troubleshoot Faults in Shipboard Refrigeration Systems	257
<i>Maidanik I. V., Kravets G. B.</i> Latest generation of steam propulsion.....	260
<i>Piliuk V., Koblik V.V.</i> 2020 Sulphur Cap Implementation.....	264
<i>Koblik V.V.</i> Формирование профессиональных компетенций у курсантов морского вуза средствами иностранного языка	266
<i>Litikova O.I.</i> Communicative Method of Maritime Engineering English Teaching Peculiars	268
<i>Podgorniy A., Kravets G. B.</i> Future of shipbuilding	271
<i>Savka O., Nikoulina E.L.</i> Engine room safety.....	274
<i>Качалов А.Н. , Богомолов О.С.</i> Modern ship power plants.....	275
<i>Lipin D., Nikoulina E.L.</i> Maritime Myths.....	277

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ

УДК 519

Голіков В.А., проректор з наукової роботи, д.т.н., професор,
Савчук В.Д., начальник науково-дослідної частини, к.т.н., професор

Результати науково-технічної діяльності Національного університету «Одеська морська академія» за 2016 рік

Наукові дослідження та розробки в університеті здійснюються по чотирьом пріоритетним напрямам:

1. Фундаментальні наукові дослідження з проблем розвитку людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави. Створення методології управління системами на морському та річковому транспорті, а також дослідження напружено-деформованого стану металевих оболонок при наявності дефектів різного походження.

2. Інформаційні та комунікаційні технології для судноплавства, включаючи Е-навігацію.

3. Енергетика та енергоефективність морських суден та технологій.

4. Безпека життєдіяльності на морському та річковому транспорті.

Динаміка науково-педагогічних кадрів, які беруть участь у НДДКР:

№	Показники	2016
1	Науково-педагогічні кадри	
1.1	Чисельність науково-педагогічних працівників (за штатним розписом), усього осіб	725
1.1.1	з них - докторів наук	52
1.1.2	- кандидатів наук	273
1.2.	Чисельність науково-педагогічних працівників, які виконують НДДКР, усього осіб	691
1.2.1	з них - докторів наук	44
1.2.2	- кандидатів наук	219

Кількість виконаних робіт та їх фінансування:

Категорії робіт	2016	
	к-сть од.	тис.грн.
Фундаментальні	1	94,53
Прикладні	1	115,44
Госпдоговірні	6	1525,21

По результатам наукових досліджень, які були виконанні на кафедрах університету захищено 13 кандидатських дисертацій (Солодовніков В.Г., Князь О.І., Берестовий І.О., Якушев О.О., Бурмака О.І., Бужбецький Р.Ю., Булгаков О.Ю., Чеснокова М.В., Терновський В.Б., Голубєв М.В., Стеценко М.С., Астайкін Д.В, Журавльов Ю.І.) та 1 докторська дисертація - Сотніченко Л.Л. .

Для виконання наукових досліджень у 2016 році за рахунок благодійних внесків, коштів інвесторів у університеті було придбано різне обладнання на суму 22 420 531 грн. (тренажер повномаштабний машинного відділення та інше тренажерне обладнання, наприклад, консоль стимулятора управління судном комп'ютерне, лабораторне та інше обладнання

За рахунок бюджетних коштів було виконано 2 роботи:

1.1 Фундаментальна НДР: «Теоретичні засади, методи та інструментальні засоби інформаційної технології діагностування динамічних об'єктів на основі моделей Вольтерра» - наук. керівник к.т.н., доцент Ковальов М.І. присвячена підвищенню точності вимірювання супутниковими системами.

Практична цінність результатів полягає у створенні інструментальних програмних засобів, що реалізують обчислювальні алгоритми детермінованої ідентифікації об'єкту управління.

Цінність результатів для навчальної роботи. Результати досліджень використовуються в навчальному процесі кафедри «Морський радіозв'язок» НУ «ОМА» при викладанні дисциплін «Радіоавтоматика», «Радіоелектронні системи», «Інформаційні радіосистеми» та «Системи та мережі комп'ютерного та мобільного зв'язку», а також при розробці тем магістерських дипломних робіт.

Опубліковано наукових **6 статей** у фахових виданнях України та **1 статтю у зарубіжному періодичному виданні зі Scopus**; опубліковано 15 наукових доповідей, у т.ч. **6** у зарубіжних виданнях, що входять до наукометричних баз, **4 англійською мовою**, приймалася участь в **7 міжнародних конференціях**. Підготовлено до видання **монографію**: Павленко В.Д. Ідентифікація нелінійних динамічних систем в частотній області: Монографія / В.Д. Павленко, С.В. Павленко. – Одеса: НУ «ОМА», 2016. – 200 с.

1.2. Прикладна НДР (завершена) «Акустична система моніторингу терористичних погроз на водному транспорті» - наук. керівник д.т.н., професор Вишневський Л.В. присвячена безпеці на водному транспорті..

Наукові результати: Перша гіпотеза підтверджена шляхом моделювання розроблених систем з експериментальними. Друга вирішена гіпотеза полягає у тому, що на основі поєднання баєсова підходу з використанням декомпозиції структури адаптивних систем і вибором методів класифікації сигналів в умовах короткочасних перешкод, розроблена методика аналізу ефективності адаптивних систем розпізнавання терористичних загроз. Третя гіпотеза підтвердила можливість створення цифрових адаптивних систем виявлення і розпізнавання терористичних загроз за рахунок застосування високоефективних обчислювальних структур, що було досягнуто удосконаленням адаптивні структури адаптивних систем з урахуванням розрядності інформації, яка обробля-

ється, а також розробленої методики побудови архітектури системи на основі решітчастих структур, в якій обсяг обчислення витрат зменшено на порядок. Аналіз ефективності систем далекої дії показав, що використання адаптивної обробки дозволяє здійснити заглушення перешкод у середньому на 10-12 дБ та забезпечує підвищення достовірності прийняття рішення оператором на відстанні 10-12 км до цілі з точністю до 2 градусів. Створена методологія, яка дозволяє послідовно проводити розробку систем спостереження в порядку підвищення апріорної невизначеності відносно сигнально-перешкоджаючої обстановки, контролювати достовірність прийняття рішень для різних моделей процесів, які досліджуються.

Практична цінність результатів Результати роботи рекомендуються до впровадження на стадіях проектування та виготовлення систем локації для транспортних суден і кораблів, також підприємствах морської та річкової інфраструктури галузі, для охорони режимних об'єктів. Розроблені обчислювальні алгоритми доцільно впровадити у програмне забезпечення звуколокаційних комплексів АЗК-7 артилерійської розвідки, що знаходяться на озброєнні України. Перспективним напрямком застосування результатів роботи є виявлення безпілотних літальних апаратів по звуку двигуна.

На кафедрах університету виконується **48** пошукових науково-дослідних робіт, наприклад:

1.3.1. «Розвиток сучасної теорії та практики технічної експлуатації морського та річного флоту: концепції, методи, технології» – науковий керівник д.т.н., професор Голюков В.А.).

Технічна експлуатація морського та річкового флоту направлена на управління матеріальним виробництвом шляхом планомірної діяльності судноплавних компаній направленої на здійснення його функціонування ґрунтованого на свідомому використанні економічних, природних, логічних, евристичних та інших законів.

Запропоновані методи: підвищення ефективності роботи земснарядів з застосуванням гідроудару при видобуванні мулистого і піщаного ґрунтів; зниження концентрації No_x - компонентів у вихлопних газах дизеля, який працює на тяжких сортах палива, на 99,7%, SO_x - на 97,7%, температурного потенціалу у 1,5 рази за рахунок абсорбції газу морською водою у стані борбатажу; зниження концентрації сірки у тяжкому паливі під час ультразвукової обробки.

Запропоновані технології: ідентифікації технічного стану поршневих кілець судового дизеля за величиною частоти акустичного сигналу при проходженні ними продувочних вікон; динамічного аналізу судового валопроводу при зміні реологічних характеристик мастил у систему діагностики і підтримки прийняття рішень операторів енергетичних установок та експлуатаційну документацію засобів руху фрегату “Гетьман Сагайдачний”, корабля курування “Славутич” і підводного човна “Запоріжжя”; підвищення надійності трубопроводів високого тиску паливної системи судового малообертового дизеля зміною частоти власних коливань; передрейсової підготовки командного складу суден для управління

Результати виконаних досліджень: захищено 5 кандидатських дисертацій (Слободянюк Д.І., Саппіга В.В., Солодовніков В.Г., Голубев М.В., Стеценко М.С.), підготовлено до захисту 2 докторські дисертації (Бойко П.О. та Будашко В.В.); опубліковано 1 колективну монографію, 23 наукові статті, в т.ч. 5 у закордонних виданнях, 25 тез доповідей на наукових конференціях, в т.ч. 4 – х міжнародних; подано 2 заявки на патент (корисну модель) України (Голіков В.А., Голубев М.В., Стеценко М.С.) отримано 1 Патенти України № 110508 “Суднова автоматизована система фільтрації димових газів” (Голіков В.А., Голубев М.В., Стеценко М.С.) підготовлено 5 навчальних посібників для курсантів ВНЗ за напрямом підготовки “Морський та річковий транспорт”.

1.3.2. «Концепції, технології та напрямки удосконалення СЕУ комбінованих пропульсивних комплексів» - науковий керівник к.т.н., доцент Будашко В.В. (с

Мета роботи - обґрунтування методів побудови систем управління єдиними електроенергетичними системами комбінованих пропульсивних комплексів.

Об'єкт дослідження - суднові енергетичні установки комбінованих пропульсивних комплексів.

Отримані результати: виконано комп'ютерне моделювання енергетичних процесів для різних експлуатаційних режимів комбінованих пропульсивних комплексів; досліджена ефективність функціонування СЕУ комбінованих пропульсивних комплексів при різних режимах роботи підрулюючого пристрою; досліджено процеси заощадження енергії у гібридному дизель-електричному пропульсивному комплексі; здійснено фізичне моделювання багатфункціонального пропульсивного комплексу; отримані схемні та конструктивні рішення комбінованих (гібридних) пропульсивних комплексів.

1.3.3. «Удосконалення експлуатації спеціалізованого флоту та технології перевезення вантажів» - науковий керівник к.т.н., професор Савчук В.Д.).

Метою дослідження було забезпечення гарантованої безпеки експлуатації судна шляхом розробки методів автоматизації неперервного контролю вантажних операцій для максимального використання вантажопідйомності судна і підвищення рівня безпеки мореплавання.

Робоча гіпотеза дослідження – встановлення оптимальних співвідношень між провізною спроможністю судна, максимальною масою завантаженого вантажу, контроль за його розподіленням по трюам для забезпечення міцності корпусу судна і його морехідних характеристик (посадки, остійності).

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що отримано новий метод контролю стану судна при перевезенні навалочних та насипних вантажів, який дозволяє здійснити розрахунки морехідних якостей судна у будь-який момент процесу експлуатації для забезпечення його безпеки мореплавання.

Вперше:

- використані лазерні далекоміри для визначення висоти поверхні штабелю завантаженого в трюм навалочного вантажу і запропонована математична мо-

дель, яка описує конфігурацію його поверхні з використанням тріангуляції Делоне;

- запропоновано метод контролю завантаження великотоннажних балкерних суден (дедвейт 170 – 240 тис. тонн) навалочними та насипними вантажами у реальному часі, що скорочує їх стоянку під вантажними операціями на 8-10%;

- розроблена методика створення системи постійного динамічного контролю стану великотоннажних балкерних суден та малотоннажних однострумних суден (типу «костер»), яка дозволить підвищити ефективність вантажних операцій і оперативно прогнозувати можливе виникнення ризику аварійної ситуації.

По результатах досліджень: захищена 1 кандидатська дисертація (Клименко Є.М.); подано 3 заявки на патент (корисну модель) України (Клименко Є.М., Савчук В.Д., Хом'яков В.Ю.); отримано 2 Патенти України: № 98070 «Пристрій для інформаційного

рабезпечення процесу контролю завантаження судна насипним вантажем» (Клименко Є.М., Савчук В.Д.), № 107604 «Спосіб розміщення навалювальних вантажів в трюмі судна» (Хом'яков В.Ю., Савчук В.Д.); опубліковано 14 статей у фахових виданнях України, 3 в закордонних виданнях, 11 тез доповідей.

1.3.4. «Моніторинг, діагностика та управління процесами і обладнанням судових енергетичних систем» – науковий керівник к.т.н., доцент Муха М.Й.

Результати наукових досліджень: виконано аналіз принципів побудови та огляд судових систем моніторингу СЕУ; розроблені методи прогнозування та контролю в системах моніторингу технічного стану головного двигуна (евристичного прогнозування, математичні методи часової та просторової екстраполяції, логістичні і структурні методи функціонування систем); виконано моделювання нейросіткових алгоритмів прогнозування режимів параметрів судових дизель-генераторів; створена інтелектуальна система моніторингу, діагностики і управління енергетичними процесами судових СЕУ; створено тренажерний комплекс судової автоматизованої електро-енергетичної системи; опубліковано 2 монографії, 23 наукові статті, 6 тез доповідей на міжнародних конференціях та 4 – на конференціях НУ «ОМА»; отримано 2 патенти України «Тренажер судової електроенергетичної системи» та «Повномасштабний тренажер судової автоматизованої електроенергетичної системи для підготовки та перевірки компетентності морських інженерів» - (Муха М., Дранкова А.О.).

1.3.5. «Розробка судових інтегрованих систем радіозв'язку і навігації у рамках загальної концепції розвитку електронної навігації» - науковий керівник д.т.н., професор Кошевий В.М..

Розроблено: концепцію побудови інтегрованої системи морської судової навігації і зв'язку COMES, її розробку і обґрунтування доцільності щодо її практичного застосування на морському флоті в тому числі шляхом експериментальних випробувань прототипу розробленої системи; спосіб автоматичної

ідентифікації радіотелефонних передач в аналогових каналах морської рухомої служби на основі технології цифрових водяних знаків (ЦВЗ).

Новизна розробки підтверджується 5 патентами на винаходи України і 1 - Німеччини.

Виконано проекти та надано послуг:

1. На замовлення ДУ «Національний Антарктичний науковий центр» (м. Київ) була виконана підготовка експертного висновку щодо вибору судна для підготовки та проведення XXII Української антарктичної експедиції.

2. По договору з ТОВ «ЮРИДИЧНА КОМПАНІЯ “ЛІГАЛ ГРАН ТТ”» (м. Одеса)

виконано науково-технічну експертизу положень пункту 3.3 розділу III Порядку справляння та розмірів ставок портових зборів, затверджених наказом Міністерства інфраструктури України № 316 від 27.05.2013 р.

3. На замовлення Компанія «Almar Shipping Corp.» м. Одеса. «Підготовка експертного заключення про вплив пошкодженого правого гребного гвинта на стан пропульсивного комплексу т/х «ZOYA» (прапор Того)» .

4. Прокуратура Одеської області, м. Одеса. Дала доручення фахівцям університету виконати первинну науково-технічну експертизу по кримінальному провадженню № 12015160240002981 від 17.10.2015, за фактом затонулого судна “Іволга” ».

5. Замовник ДП «Державний проектно-вишукувальний та науково-дослідний інститут морського транспорту» (ЧОРНОМОР-НДІПРОЕКТ): «Розробка та здійснення імітаційного моделювання добового руху суден на акваторії МП «Южний» відповідно плану розвитку порту на 2023 рік в режимі реального часу з застосуванням навігаційного тренажера з візуалізацією «NAVI TRAINER PROFESSIONAL 5000»

6. Замовник ТОВ «МеДетокс»: Проведення повторного пробного науково-технічного подріблення та помолу тканини АУВМ «Дніпро» та інші.

Основна тематика госпрозрахункових НДР присвячена прогнозу безпеки судноплавства на рівні портів “Южний” і “Одеса”, окремих акваторій Білгород-Дністровського порту (перекидання судна “Іволга”), вібропомолу твердих матеріалів та експертиз пошкодження елементів гідропропульсивного комплексу судна.

В університеті у 2016 році було проведено 11 конференцій

На науково-технічних конференціях, які були проведені в університеті протягом 2016 року були розглянуті: актуальні питання перспектив та проблеми нових підходів до підготовки плавскладу на другому рівні вищої освіти; результати виконаних досліджень судових енергетичних установок і систем; експлуатації та ремонту флоту, суднова теплоенергетика і холодильна техніка;

актуальні питання суднової електротехніки і радіотехніки, електрообладнання, електронна апаратура та системи управління, радіотехніка, радіоелектронні апарати і зв'язок; удосконалення методів судноводіння, перспективи розвитку інформаційних технологій та технології перевезення вантажів морським і річковим флотом, методика підвищення рівня викладання курсантам ділової англійської мови та інш.

У листопаді 2016 року Міжвідомчою координаційною радою з питань морських досліджень МОН та НАН України в рамках науково-практичної конференції «Морські дослідження і технології в Україні: стан та перспективи розвитку» на засіданні секції «Судноводіння» були розглянуті актуальні питання вдосконалення системи підготовки та перепідготовки фахівців для морської галузі, забезпечення безпеки мореплавання при проведенні системних морських досліджень.

Матеріали усіх конференцій опубліковані.

По результатах наукових досліджень, які були виконанні на кафедрах професорсько-викладацьким складом у 2013-16 роках були підготовлені та опубліковано 5 монографій. Подано 8 заявок на винаходи та патенти та Отримано 6 патентів України - автори Голіков В.А., Голубєв М.В., Стеценко М.С.; Голіков В.В., Мальцев С.Е.; Великодний С.С.; Савчук В.Д., Клименко Є.М.; Савчук В.Д., Хом'яков В.Ю.; Будашко В.В., Нікольський В.В., Хнюнін С.Г. та 1 патент Німеччини — автори Кошевий В.М., Шишкін О.В..

Науково-дослідна робота курсантів та студентів за кошти бюджету або окремого фінансування не здійснювалась, а виконувалась відповідно планам науково-педагогічної діяльності викладачів кафедр університет.

У 2016 році у 1-му етапі Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт прийняло участь 87 курсантів. У 2-му етапі Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт зі спеціальності «Двигуни та енергетичні установки» і «Суднобудування та водний транспорт» прийняли участь 38 курсантів.

Наказом Міністра освіти і науки України від 20.07.2016 року № 859 Дипломами II ступеня нагороджені курсанти Курочкін С.В. (керівник професор Кошевий В.М.) та Гавращенко П.О.(керівник Половинка Е.М.), Дипломами III ступеня нагороджені курсанти Шулянський О.О. (керівник доцент Варбанець Т.В.), Садабутіна Д.С. (керівник професор Михайлов С.А.), Клименко М.Є. та Загонтова А.Г. (керівник ст. викладач Домбровський В.А., ДІ НУ “ОМА”), Дипломами Галузових конкурсних комісій нагороджені курсанти Шулянський О.О., Дуванов В.Ю., Калуга О.О. Зацепілов А.С., Кокошенко Д.Д., Грамотами відмічені курсанти Кли-

менко М.Є., Гаврашенко П.О., Міщенко І.А., Курочкін С.В., Салабутіна Д.С., Попова Н.А., Сухий О.В.

Групи курсантського науково-технічного товариства (КНТТ) діють на всіх кафедрах, які об'єднуються у факультетські підрозділи. У 2016 році понад 1000 курсантів приймали участь у НДР, що виконуються професорсько – викладацьким складом на кафедрах університету, курсантами підготовлено 416 доповіді, по яким вони звітували на кафедрах та факультетах і зроблено 263 доповіді на науково – технічних конференціях НУ «ОМА», опубліковано 76 тез доповідей, з них 31 – самостійно. 342 курсанти взяли участь у I та II-му етапах Всеукраїнської студентської олімпіади, дипломами та призами відзначено 26 курсантів.

УДК 656.071.1:378

Колегаев М.А., Парменова Д.Г.

Национальный университет «Одесская морская академия»

Реализация реформ в национальной системе высшего образования при подготовке командного плавсостава

С принятием в 2014 году новой редакции закона Украины «О высшем образовании» [1] были начаты реформы в системе высшего образования Украины, направленные на обеспечение и улучшение качества отечественного образования, которое должно соответствовать рекомендациям и стандартам Европейского пространства высшего образования, учитывать лучшие мировые практики, способствовать достижению соответствия образовательной системы требованиям и потребностям общества и личности.

В январе 2017 года в Министерстве образования и науки с участием экспертов и общественности были обсуждены вопросы обеспечения качества высшего образования в рамках проекта Среднесрочного плана приоритетных действий Правительства до 2020 года [2].

Все предложения по проекту не были абсолютно новыми, поскольку они являются частью выполнения Программы деятельности Правительства и внедрения реформы, начатой Законом Украины «О высшем образовании» 2014 года.

Было подчеркнуто, что в 2017 году к ключевым приоритетным задачам Министерства образования и науки (МОН) Украины относятся:

- разработка стандартов высшего образования;
- наработка методической базы и практической помощи вузам в создании системы внутреннего обеспечения качества;
- создание Национального репозитория академических текстов;
- использование технологии ВНТ для отбора поступающих в магистратуру по специальности 081 «Право».

С 2014 года были начаты изменения, направленные на расширение автономных академических прав Высших учебных заведений (вузов). Наиболее ве-

сомой и одновременно проблемной новацией стало принятие согласованного с международной классификацией нового перечня специальностей, по которым осуществляется подготовка соискателей высшего образования [3]. Согласно этому перечню подготовка курсантов и студентов специальности 271 «Речной и морской транспорт» осуществляется в рамках одной отрасли знаний 27 «Транспорт», которая включает в себя все специальности транспортной инфраструктуры, но не выделяет те «узкие» специальности подготовки специалистов, которые были в предыдущем перечне, чем ставит под угрозу сохранение последних. То есть в новом перечне специальностей не отображается, в какой сфере морской подготовки осуществляется обучение: судовождение, морская инженерия либо в сфере обслуживания и выполнения перевозок морским и речным транспортом. Поэтому на этапе разработки новых стандартов высшего образования по этим специальностям, после того как возникла эта проблема, вузы получили право создавать собственные образовательные специализации в пределах лицензированных ними специальностей. Таким образом, в новый стандарт по специальности 271 «Речной и морской транспорт» на первом (бакалаврском) уровне вошли три специализации: «Судовождение», «Эксплуатация судовых энергетических установок» и «Электрические системы и комплексы транспортных средств».

Новый стандарт был создан по новой методике разработки образовательных стандартов, в соответствии с которым они должны содержать перечень компетенций, которыми должен обладать выпускник, освоивший программу определенного уровня высшего образования в соответствии со специальностью. В то же время в эти стандарты теперь нельзя включать названия конкретных дисциплин, необходимых для изучения по этой специальности (как это было ранее), и теперь нет утвержденного министерством перечня обязательных нормативных дисциплин. Таким образом, вузам предоставляется академическая автономия, позволяющая принимать самостоятельные решения относительно содержания и объема дисциплин, необходимых для освоения компетенций и результатов обучения, сформулированных в стандарте высшего образования.

Разработка нового стандарта высшего образования для подготовки бакалавров по специальности «Речной и морской транспорт» была начата в 2015 году и в настоящее время разработанный стандарт находится на стадии рецензирования в МОН. Качество стандарта имеет важное значение, поскольку утвержденные стандарты высшего образования должны стать одним из критериев внутренней и внешней оценки качества образования, а соответствие содержания образования в вузах требованиям стандартов обязательно и является основой для разработки образовательных программ по подготовке бакалавров в высших учебных заведениях, готовящих специалистов по данной специальности.

Кроме того, основным изменением в системе высшего образования является то, что с 2017 года прекращается набор студентов на получение образовательно-квалификационного уровня «специалист». Такое нововведение привело к пересмотру стандартов высшего образования для подготовки бакалавров, ма-

гистров и докторов философии, в том числе и по специальности 271 «Речной и морской транспорт». В новом стандарте высшего образования подготовки бакалавров по этой специальности начиная с 2016 года сформулированы общие, общепрофессиональные и профессиональные компетентности, которые покрывают все минимальные требования к подготовке офицерского плавсостава, изложенные в Международной конвенции по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты 1978 года с Манильскими поправками 2010 года, предъявляемые к уровням и эксплуатации и управления. До изменений в Законе «О высшем образовании» компетентности и результаты обучения уровня управления могли быть получены только при освоении учебных программ для специалистов и магистров.

Рабочая группа судомеханического факультета Национального университета «Одесская морская академия» разработала образовательную программу подготовки бакалавров по специализации «Эксплуатация судовых энергетических установок», которая предусматривает полное соответствие стандарту высшего образования по специальности 27 «Транспорт» и кроме блоков дисциплин, которые обеспечивают получение профессиональных компетентностей и результатов обучения, включает в себя блок дисциплин гуманитарного направления в объеме не менее 12 кредитов ЕКТС, рекомендованном МОН [4], что обеспечивает разносторонность подготовки соискателей высшего образования. При разработке образовательной программы сформулированные компетентности и результаты обучения явились основой при составлении перечня дисциплин учебного плана. Для приближения содержания образовательной программы к потребностям рынка труда в состав рабочих групп были привлечены представители крьюинговых агентств, которые принимают курсантов университета для прохождения плавательной практики на суда торгового морского флота. Также в НУ «ОМА» пересматривается и внедряется подход к перезачету дисциплин, освоенных в другом вузе в рамках программ академической мобильности, то есть перезачитываться должны приобретенные компетентности, а не конкретные освоенные дисциплины, которые в большинстве случаев по содержанию отличаются в других вузах даже при совпадении названий, поскольку не учитывают морскую специфику.

Так же одним из шагов на пути повышения качества высшего образования является Распоряжение Кабинета Министров Украины о создании Национального репозитария академических текстов [5], на основании которого был создан проект Положения о Национальном репозитарий академических текстов [6]. Национальный репозитарий академических текстов – это универсальная по содержанию общегосударственная электронная база, где накапливаются, хранятся, систематизируются, подвергаются комплексному анализу отечественные академические тексты (научного, научно-технического и образовательного характера) и к которой обеспечивается удаленный доступ пользователей.

Основной целью Национального репозитария является содействие развитию образовательной, научной, научно-технической и инновационной деятельности путем улучшения доступа к информации и поддержки академической порядочности.

Предполагается, что Национальный репозиторий будет накапливать, систематизировать, хранить и обрабатывать следующие виды академических текстов, подготовленных и опубликованных в Украине:

- квалификационные (выпускные) работы соискателей первого и второго уровней высшего образования;
- диссертации на соискание ученой степени доктора философии и доктора наук;
- статьи в рецензируемых научных периодических специализированных изданиях;
- научные издания (монографии, сборники научных трудов, материалы научных конференций и т.п.);
- отчеты о научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;
- депонированные работы, которые предварительно прошли процедуру рецензирования;
- и т.п..

Вопрос создания Украинской наукометрической базы данных является чрезвычайно актуальным и ожидается, что уровень этой базы будет не ниже, чем в Web of Science или Scopus. Когда такая база будет создана, то возникнет возможность пересмотреть существующую систему перечня специализированных изданий.

Создание Национального репозитория, таким образом, позволяет перед публикацией академических текстов провести проверку их на наличие текстовых заимствований и исключить в них плагиат в рамках этой электронной базы. Это повысит ответственность авторов при написании и публикации научных, научно-технических и квалификационных работ, что позволит остановить эпидемию плагиата в высшем образовании.

Таким образом, в настоящее время все высшие учебные заведения в том числе и Национальный университет «Одесская морская академия» находятся в процессе активной реформации системы высшего образования, что ведет к получению академической автономии и повышению качества высшего образования в учебном заведении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон України «Про вищу освіту» від 01.07.2014 р. № 1556-VII. - <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>
2. Стратегія реформування вищої освіти в Україні до 2020 року (Проект). – http://old.mon.gov.ua/img/zstored/files/HE%20Reforms%20Strategy%2011_11_2014.pdf.
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 29.04.2015 р. № 266 «Про затвердження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти». – <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/266-2015-%D0%BF>
4. Лист Міністерства освіти та науки України № 1/3-120 від 11.03.2015 р. «Про організацію вивчення гуманітарних дисциплін» -

<http://vnz.org.ua/dokumenty/spysok/7470-lyst-mon-ukrayiny--19-120-vid-11032015r>

5. Розпорядження Кабінету Міністрів України № 504-р від 22.07.16 року «Про створення Національного репозитарію академічних текстів» - <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/ru/504-2016-%D1%80>

6. Проект Положення про Національний репозитарій академічних текстів - <http://aphd.ua/proekt-polozhennia-pro-natsionalnyi-repozytarii-ukrany/>

УДК 621.433.3

Чепалис И.В.

Дунайский институт Национального университета "Одесская морская академия"

Особенности использования природного газа в качестве топлива судовых энергетических установок

Ужесточение экологических норм и рост цен на традиционные виды судового топлива являются основными движущими силами для использования природного газа в качестве топлива на водном транспорте. Наибольший экологический ущерб от выбросов вредных веществ, образующихся в камере сгорания поршневых двигателей, приходится на оксиды азота (NO_x), основную массу которых составляет монооксид азота (NO) [1]. Применение природного газа позволяет практически полностью исключить выбросы серы, существенно сократить выбросы оксидов азота и углерода, а также твердых частиц.

По оценкам классификационного сообщества DNV-GL к 2020-му году размер газоходного флота увеличится до 1000 судов [2].

Изначально газовое топливо на водном транспорте нашло практическое применение на метановозах, где непрерывно испаряющийся груз используют в качестве топлива энергетической установки. Однако, существует принципиальная разница использования природного газа в качестве топлива на метановозах, где в основном используют пары груза, и на газоходах, где СПГ отбирают с нижней части танка, а затем газифицируют.

На сегодняшний день реализованы две технологии сжигания газового топлива в судовых малооборотных двигателях, которые удобно классифицировать по давлению подачи газа в цилиндр.

Подача газа под высоким давлением осуществляется при положении поршня вблизи верхней мертвой точке (ВМТ) и реализована в двигателях MAN B&W серии ME-GI (marine electronic gas injection). Подача осуществляется через две отдельные газовые форсунки, расположенные в крышке цилиндра. Для достижения критического перепада давлений на газовой форсунке и в камере сгорания (КС) давление в газопроводе должно составлять 150 – 250 кгс/см² (в зависимости от нагрузки). Температура конца такта сжатия составляет 500 – 600 °С, что является недостаточным для надёжного воспламенения метана, ввиду его высокой температуры самовоспламенения (600 °С), поэтому

перед подачей газового топлива подается малая доза запального топлива (рис.1) [3].

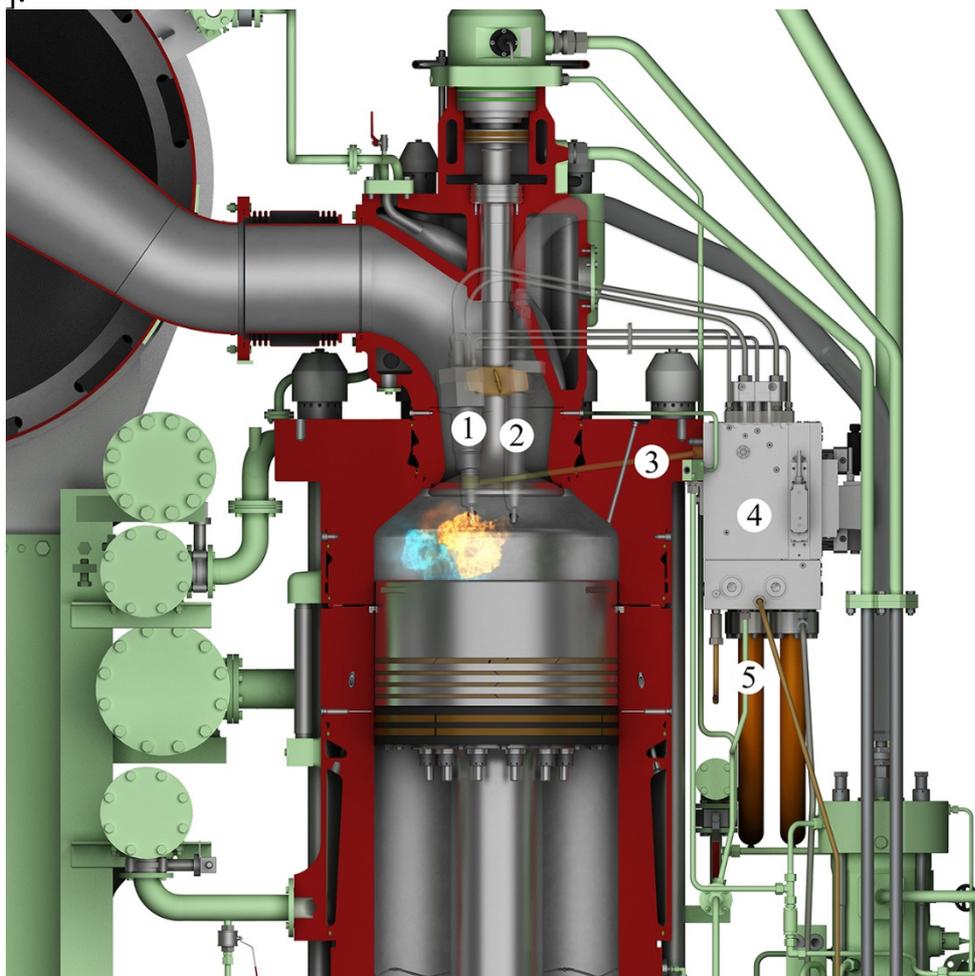


Рис. 1 Малооборотный газодизель с высоким давлением подачи газа «MAN B&W ME-GI»: 1 — газовая форсунка; 2 — жидкотопливная форсунка; 3 — газораспределительный канал; 4 — газораспределительный блок; 5 — газовые трубы высокого давления

Технология подачи газа под низким давлением основана на сжигании обедненных газоздушных смесей и реализована в двигателях Wärtsilä XDF и RT-flexDF. Газ подается в цилиндр, посредством двух гидравлически управляемых форсунок, расположенных посередине втулки цилиндра. В конце такта сжатия газоздушная смесь воспламеняется посредством форкамерного впрыска малой дозы запального топлива. Ввиду сжатия газоздушной смеси двигатели склонны к детонационному режиму горения. Поэтому степень сжатия в двигателе снижена до $\epsilon = 12$. Антидетонационные свойства характеризуются метановым числом, т.к. газовое топливо является смесью газов.

Важными особенностями этих двух технологий являются поведение при переходных процессах (приемистость).

Изменение режима работы двигателей с низким давлением подачи газа является предметом некоторых ограничений из-за особенностей процесса горения газоздушной смеси. Ограничение увеличения цикловой подачи газа, в особенности на режимах близких к номинальному, определены предельными значениями коэффициентов избытка воздуха, которые, в свою очередь, обу-

словлены пропуском воспламенения в цилиндре при обеднении газовой смеси и детонационным горением при ее обогащении (рис. 3).

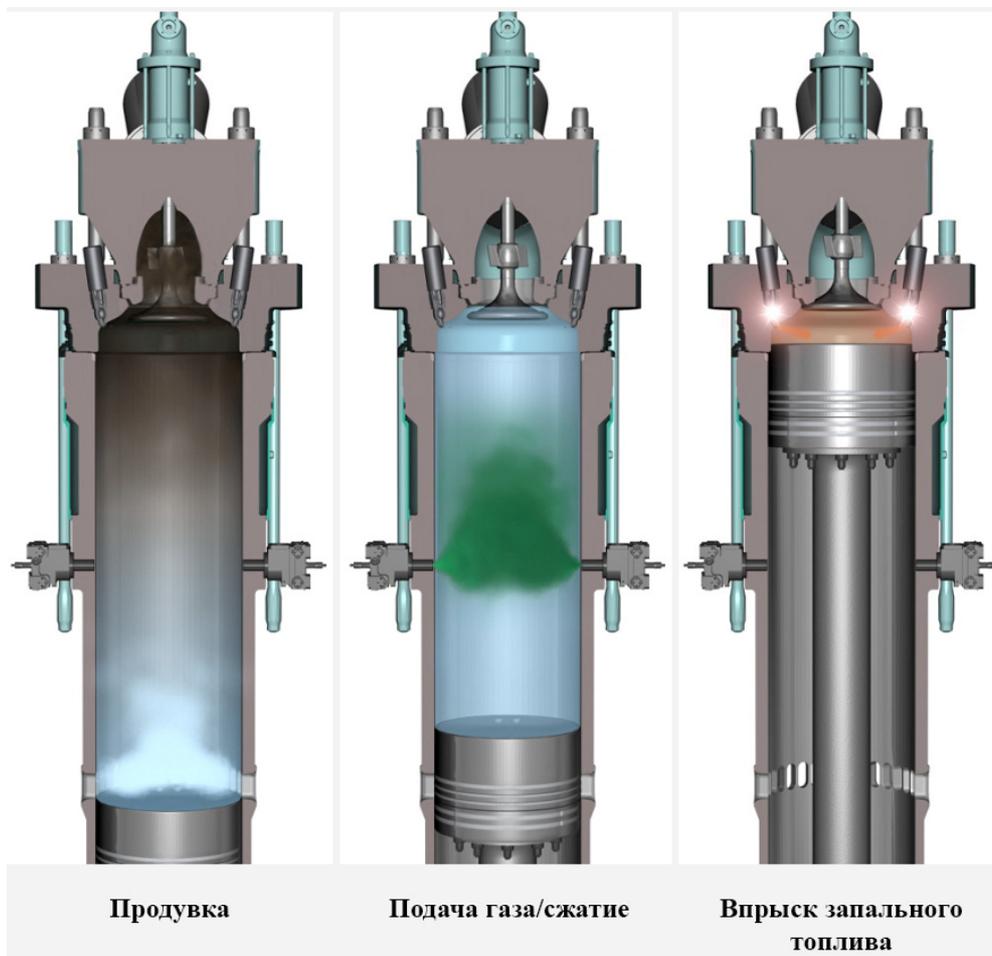


Рис. 2 Малооборотный газодизель с низким давлением подачи газа Wärtsilä XDF

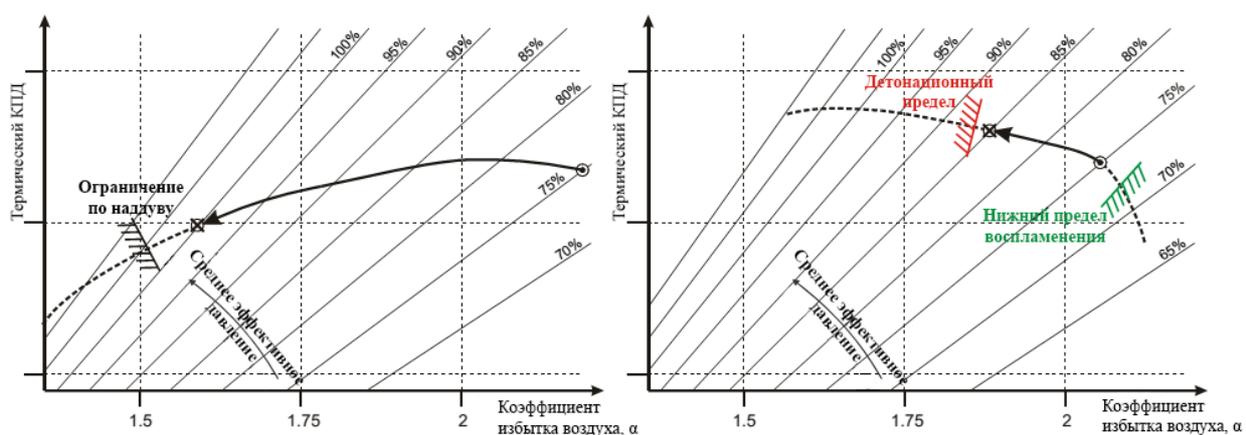


Рис. 3 Увеличение цикловой подачи газа при постоянном потоке воздуха в цилиндр

Приемистость двигателей с высоким давлением подачи газа сравнима с дизелями, работающими на жидком топливе, ввиду более широкого допустимого диапазона коэффициента избытка воздуха.

Согласно Международному кодексу по безопасности для судов, использующих газы или иные виды топлива с низкой температурой вспышки, который вступил в силу с 01.01.17 [4] танки запаса СПГ на борту газоходов могут быть класса А, В, С (по классификации кодекса МКГ) или мембранными.

Технология сжигания газового топлива в ГД не влияет на выбор танков запаса СПГ, однако принципиально определяет систему топливподготовки. Для двигателей с низким давлением подачи газа достаточно центробежного криогенного насоса и испарителя низкого давления, тогда как для двигателя с высоким давлением необходим насос высокого давления (НВД) плунжерного типа и соответствующий испаритель. При этом подразумевается, что пары груза будут утилизированы в газодизель-генераторах, однако, при определенных эксплуатационных условиях, количество паров может быть больше, чем их потребление. Поэтому в системе топливподготовки должен быть компрессор для подачи паров груза в ГД или установка реконденсации. Преимущество системы низкого давления подачи газа в этом случае состоит в меньших энергетических затратах на сжатие паров СПГ, в то время как для двигателей с высоким давлением подачи газа необходим многоступенчатый компрессор высокого давления поршневого типа [5].

В процессе горения газа в двигателе с высоким давлением подачи в КС появляются локальные высокотемпературные зоны, где происходят реакция образования NO_x . Выбросы NO_x , при этом соответствуют лишь II-му этапу Приложения VI МАРПОЛ, а для соответствия III-му этапу необходима последующая очистка выхлопных газов посредством избирательной каталитической нейтрализации.

Процесс горения в двигателе с низким давлением подачи газа характеризуется равномерным распределением температур в КС, тем самым снижая образование NO_x до требований III-го этапа Приложения VI МАРПОЛ (табл. 1) [2].

Таблица 1. Снижение выбросов вредных веществ при использовании СПГ в качестве топлива СЭУ

Компонент выбросов	Степень снижения	Примечания
SO_x	98 %	Соответствует требованиям МАРПОЛ
NO_x , низкое давление газа	85 %	Соответствует этапу III МАРПОЛ
NO_x , высокое давление газа	40%	Необходимо дополнительная очистка ОГ для этапа III МАРПОЛ
CO_x	25 – 30 %	Улучшает ККЭЭ
Твердые частицы (ТЧ)	95 – 98 %	Требования отсутствуют

Существующие на сегодняшний день технологии использования природного газа в судовых малооборотных двигателях принципиально различны. С точки зрения динамических и мощностных показателей очевидными преимуществами обладает технология подачи газа под высоким давлением. Однако, экологические характеристики, капиталовложения и эксплуатационные затраты существенно лучше у двигателей с низким давлением подачи газа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Звонов В.А., Гиринович М.П. Исследование механизмов образования оксидов азота в условиях камеры сгорания дизеля // Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – №1. – С. 29-33.
2. Petra Schnack, Markus Krüger. IN FOCUS - LNG AS SHIP FUEL // Hamburg: DNV GL Maritime Communications, 2015. – 51 p.
3. Чепалис И.В. Анализ систем подачи природного газа в двухтактные газодизели на судах-метановозах // Технические газы, 2016. - № 3. – С. 65-70.
4. Горб С.И. Международный кодекс по безопасности для судов, использующих газы или иные виды топлива с низкой температурой вспышки (Кодекс МГТ)// Работник моря, 2016. - №6.
5. Daniel Strödecke. Low- and high-pressure dual-fuel Technology Evaluation Process // WinGD low-speed Engines Licensees Conference, Interlaken 2015. P. – 14.

ДВИГУНИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ

УДК 621.431.74

Половинка Э.М., Слободянюк Н.В.

Национальный университет «Одесская морская академия»

Процессы топливоподачи судового дизеля на переменных режимах

Как указывалось в работе авторов [1], переменные режимы являются неблагоприятными условиям работы двигателей.

Пусковые режимы предусматривают малые (возрастающие) обороты коленчатого вала и большую цикловую подачу топлива в топливной системе с сложными гидродинамическими процессами, которые приводят работу форсунки в неустойчивый режим. Движение иглы форсунки на начальных циклах имеет колебательный характер. Таким образом решение данной проблемы является актуальным.

Анализируя публикации в исследованиях в данной области представляет интерес работа Славуцкого В.М. [2] в которой исследовалось перемещения нагнетательного клапана и иглы форсунки высокооборотного дизеля на пусковых оборотах вращения вала топливного насоса на 100, 150 и 200 об/мин. При всех значениях частоты вращения вала насоса игла форсунки 7 – 8 раз поднимается, не достигая максимальной высоты рис.1.

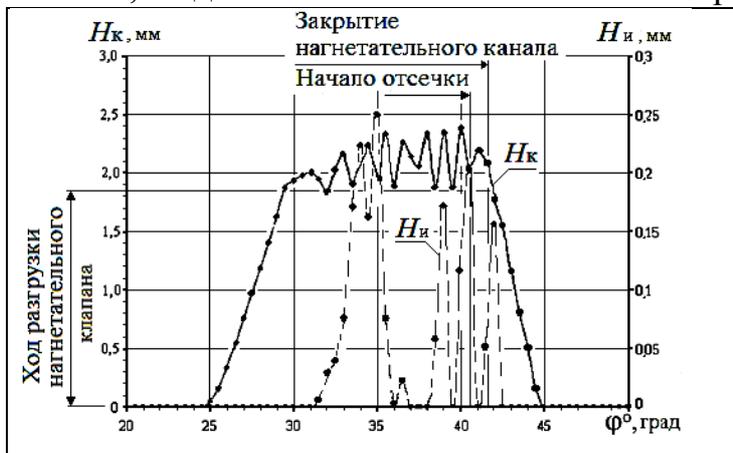


Рис. 1. Зависимость перемещения иглы форсунки $H_{и}$ и нагнетательного клапана $H_{к}$ от угла поворота вала насоса $\varphi_{в}$: $n_{в} = 200 \text{ мин}^{-1}$

Нагнетательная магистраль разгружалась в период посадки клапана, это приводило к нарушению процесса впрыскивания в следующем цикле.

Исследования топливоподачи на переменных режимах недостаточно раскрыты в области формирования параметров впрыскивания на постоянно увеличивающейся (уменьшающейся) частоте вращения. Что характерно для пусковых режимов, переходных режимов в условиях

изменяющейся нагрузки на дизель. Исследование гидродинамических процессов в указанных условиях эксплуатации даст возможность совершенствовать работу дизеля и уточнить методы расчета впрыскивания.

Целью выполненного исследований является решение научно-практической задачи по улучшению пусковых качеств и динамических характеристик среднеоборотных дизелей.

Кафедра Судовых энергетических установок Национального университета «Одесская морская академия» проводит исследования работы процессы топли-

воподачи дизельной топливной аппаратурой на неустановившихся и частичных режимах на безмоторном стенде [1]. Стенд укомплектован топливной аппаратурой судового среднеоборотного дизеля ЧН 25/34. Основные технические параметры представлены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры топливной аппаратуры

Параметры	Показатели
диаметр плунжера топливного насоса d_n , мм	16
ход плунжера топливного насоса h_n , мм	16
давление начала впрыскивания p_o , бар	210
диаметр иглы форсунки $d_{и}$, мм	6
ход иглы форсунки z_{max} , мм	0,45
наружный D_T и внутренний d_T диаметр, длина L_T топливопровода высокого давления, мм	10; 3; 955

Ход эксперимента записывался системой приема и обработки информации.

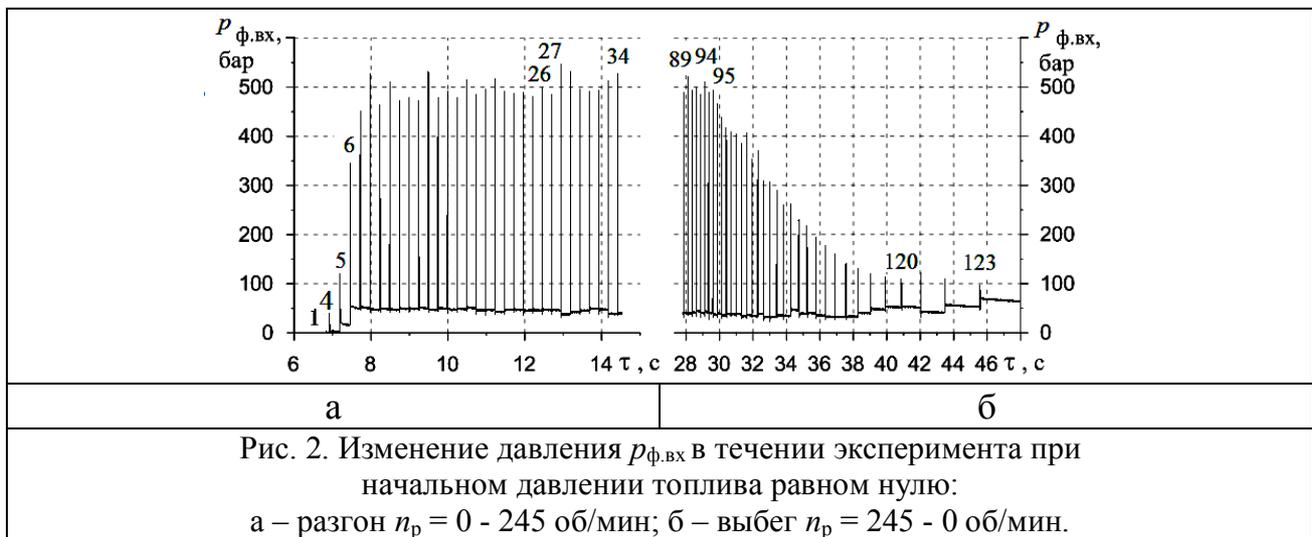
Записывались следующие показатели:

- давление топлива в штуцере топливного насоса p_n ;
- давление топлива в штуцере форсунки $p_{ф.вх}$;
- давление в топливном канале форсунки $p_{ф.к}$;
- ход иглы форсунки z ;
- определялась частота вращения распределительного вала n_p ;
- фиксировался угол поворота распределительного вала (ПРВ) φ ;
- измерялось время с момента начала записи осциллограмм τ .

Фиксированное положение рейка топливного насоса высокого давления установлено на 15мм, затяжка форсуночной пружины $p_o = 70$ бар. В ходе продолжения исследований [1] проведен эксперимент с закрытой форсункой и двумя вариантами начальных условий. В первом варианте система высокого давления разгружалась перед опытом, т.е. начальное давление было нулевым. Во втором варианте – запуск производился после кратковременной остановки стенда. При этом в системе сохраняется остаточное давление, а его величина зависела условий в системе в момент остановки и утечек за время стоянки.

В ходе подготовки экспериментального пуска устанавливалась максимальная частота вращения для разгона, задавая напряжение питания электродвигателя на стенде. После остановки путём выключения питания и остановки стенда запускалась запись процесса и подавалось полное напряжения на электродвигатель (режим разгона). Осуществлялась выдержка на максимальной частоте (установившийся режим), питание отключалось, с падением частоты вращения стенд останавливался (режим выбега).

В результате обработки экспериментальных осциллограмм получено два графика (рис. 2, 3) зависимости максимального давления $p_{ф.вх}$ от времени с момента начала записи и номера цикла (с начала вращения распредвала). На рисунках время указано на оси абсцисс, а номер цикла приведен на поле графика.



Общая сравнительная характеристика течения экспериментов представлена в таблице 2.

Таблица 2. Сравнительная характеристика экспериментов

	продолжительность эксперимента, с.	количество циклов в эксперименте, од.	циклы разгона, од.	циклы выбега, од.
первый эксперимент	48	123	26	29
второй эксперимент	44	117	20	29

Процессы, происходящие в топливной системе при разгоне в обоих экспериментах (рис.2а, 3а) заметно отличаются, в то время как при выбеге они близки как по времени, так и по характеру изменения давления (рис. 2б, 3б).

Оценку динамики переходных процессов обращается внимание на текущее время и частоты вращения распределительного вала. Данная оценка графически представлена на рис.4.

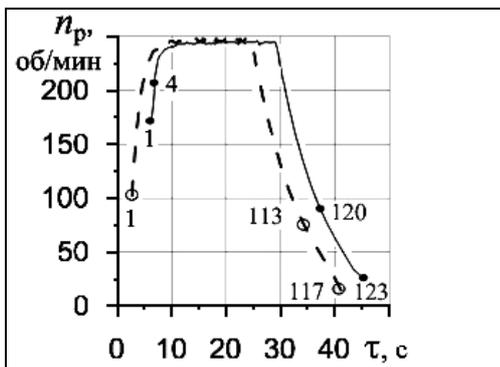


Рис. 4. Тахограммы экспериментов:

(—) при начальном давлении топлива равном нулю;
 (- - -) при начальном давлении топлива (обозначения в тексте).

10,71 с.

Надо отметить, что при начальном давлении топлива равном нулю в течение первых пяти циклов в диапазоне $n_p = 173 - 229$ об/мин давление $p_{ф.вх}$ последовательно возрастает, достигая уровня открытия иглы форсунки.

Осциллограммы $p_{ф.вх}$ обоих вариантов начальных условий при разгоне показаны на рис.5.

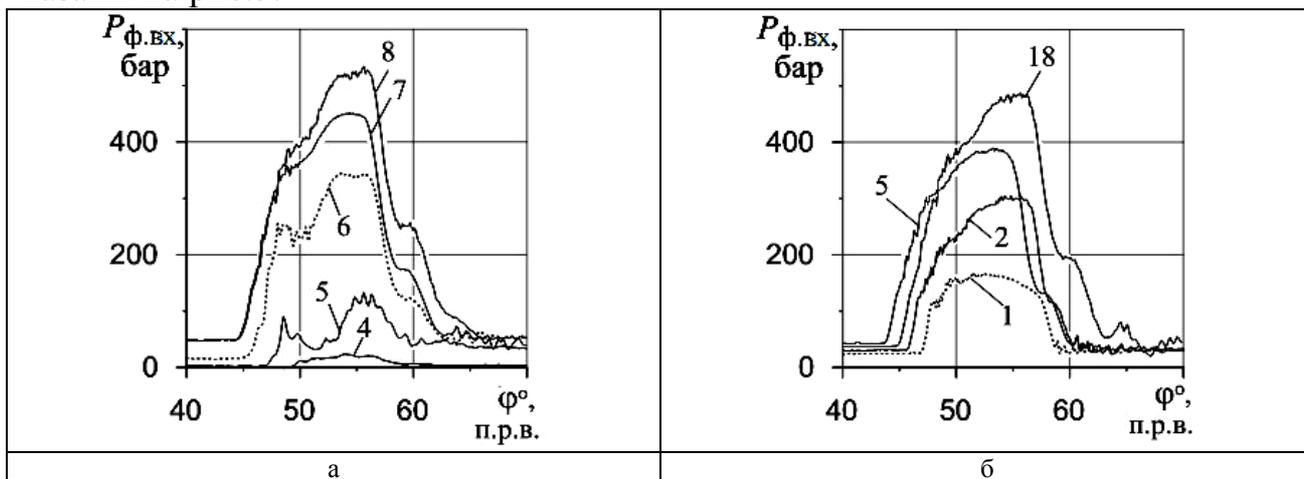


Рис. 5. Осциллограммы $p_{ф.вх}$ при разгоне:

а – при разгруженной топливной системе; б – с начальным давлением:
 (- - -) цикл первого стабильного впрыскивания (обозначения в тексте).

Во втором эксперименте (рис.5б) условия первого впрыскивания во время разгона создаются уже на первом обороте вала при $n_p = 102$ об/мин.

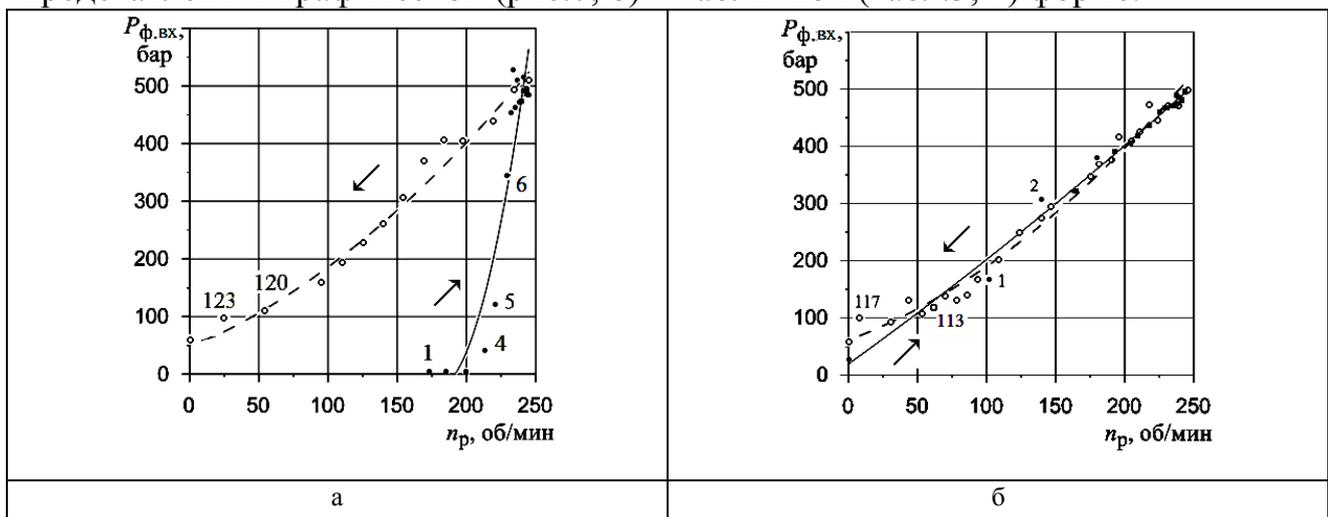
При сравнении пятого и первого цикла (рис. 5а, 5б) видно, что в первом случае наблюдается существенный колебательный процесс. Во втором случае давление изменяется плавно. При дальнейшем увеличении частоты вращения различия становятся незначительными.

Описанные закономерности на рис.5 подтверждаются кривыми хода иглы форсунки (рис. 6) в соответствующих циклах.



Действительно, пятый цикл разгона первого эксперимента (рис.6а) является ступенчатым. При этом продолжительность впрыскивания значительно меньше, чем в последующем шестом цикле, а начало смещено по углу поворота в сторону запаздывания.

Параметры топливоподачи, полученные в течение всего эксперимента, представлены в графической (рис.7, 8) и табличной (табл.3, 4) форме.



Данные, изложенные в таблицах и графиках, позволяют проследить развитие процесса топливоподачи в течение всего эксперимента.

Для давления топлива $p_{ф.вх}$ (рис.7а) существенной особенностью является отсутствие заметного повышения в первых трёх циклах в процессе разгона, несмотря на достаточно высокую частоту вращения. Только в четвёртом цикле начинается рост давления до 40 бар, которого недостаточно для подъёма иглы форсунки. Условия первого впрыска формируются в пятом цикле.

Во втором эксперименте с остаточным начальным давлением топлива 27 бар при разгоне уже на первом обороте при относительно невысокой частоте вращения давление соответствует стабильному впрыскиванию и достигает (рис.7б) $p_{ф.вх} = 166$ бар.

Характер изменения давления $p_{ф.вх}$ на выбеге во втором эксперименте близок к разгону. К тому же изменения давления $p_{ф.вх}$ при выбеге в обоих экспериментах подобны по конфигурации, что соответствует отмеченному ранее соотношению количества циклов и времени процесса.

Таблица 3. Параметры топливоподачи при начальном давлении в топливной системе равном нулю (первый эксперимент)

п/н, цикла	n_p , об/мин	τ , с	$p_{ф.вх}$, бар	$p_{ф.к}$, бар	$p_{н.}$, бар	$\varphi_{вп}^{\circ}$, п.р.в.	участок
1	173	6,28	1-2	1-2	3	0	разгон
2	185	6,57	2	1-2	5	0	разгон
3	200	6,83	2	1-2	7	0	разгон
4	213	6,91	40	20	55	0	разгон
5	221	7,19	121	125	118	4,5 ступенчатое впрыскивание	разгон
6	229	7,46	344	345	381	16,2	первое стабильное впрыскивание
26	243	12,45	500	501	532	18	разгон
95	240	29,34	490	485	529	18,2	выбег
120	56	40,87	111	105	128	9,9	выбег
121	46	42,04	119	109	116	9,8 дробное впрыскивание	выбег
123	25	45,53	100	95	99	7,4 дробное впрыскивание	выбег
-	0	50,83	55	63	58	0	остановка распределительного вала

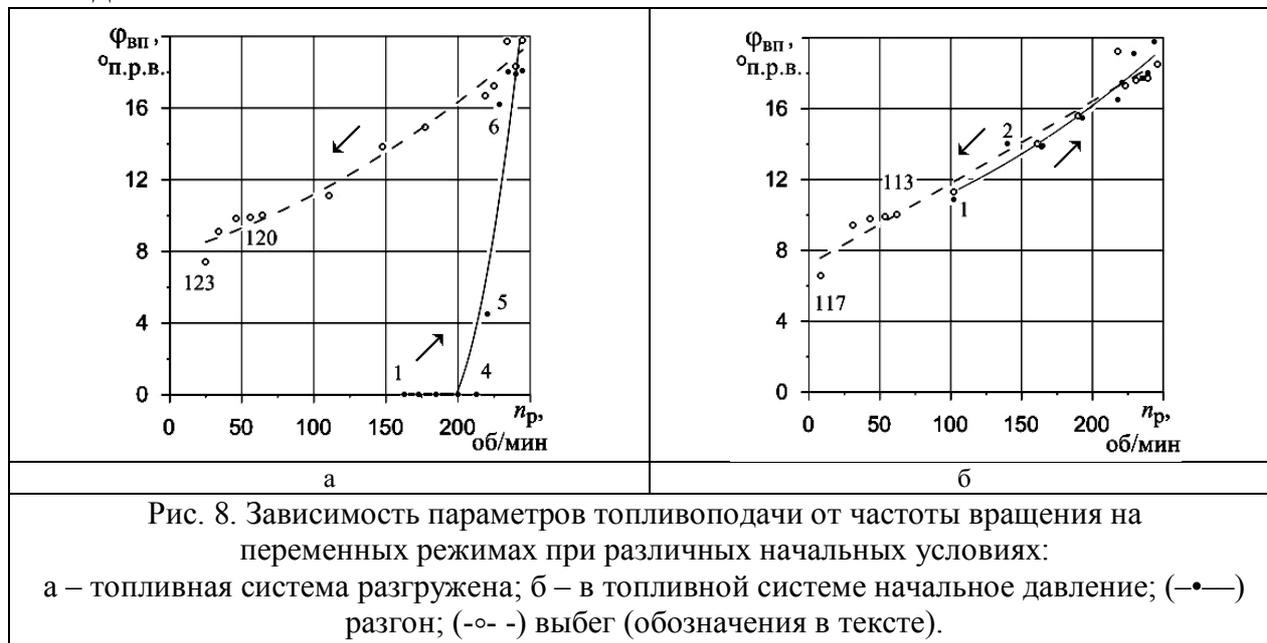
Таблица 4. Параметры топливоподачи при начальном давлении в топливной системе (второй эксперимент)

п/н, цикла	n_p , об/мин	τ , с	$p_{ф.вх}$, бар	$p_{ф.к}$, бар	$p_{н.}$, бар	$\varphi_{вп}^{\circ}$, п.р.в.	участок
-	0	0	27	27	28	0	остаточное давление в ТС
1	102	2,66	166	163	188	10,8	первое впрыскивание
2	140	3,16	307	301	329	14	разгон
20	243	8,17	493	486	529	17,9	разгон
89	239	24,97	471	463	510	17,7	выбег
113	62	35,68	118	110	131	10,0	выбег
114	54	36,7	107	100	123	9,9 дробное впрыскивание	выбег
117	8	41,76	98	88	79	6,6 дробное впрыскивание	выбег
-	0	47,32	58	54	62	0	остановка распределительного вала

Дополняя приведенную выше информацию по характеристикам топливоподачи данными, представленными в табл.3 и анализируя рис.7, укажем продолжительность впрыскивания в пятом и шестом циклах для разгона. Это $\varphi_{вп} = 4,5^{\circ}$ ПРВ при $n_p = 221$ об/мин (ступенчатое впрыскивание – пятый цикл) и $\varphi_{вп} = 16,2^{\circ}$ ПРВ и $n_p = 229$ об/мин (шестой цикл). Последняя величина близка к установившемуся значению.

Во втором эксперименте при первом же обороте игла поднимается на $\varphi_{\text{вп}} = 10,9^\circ$ ПРВ при $n_p = 102$ об/мин.

При снижении частоты вращения в период выбега дробное впрыскивание формируется в обоих опытах. Это происходит при изменении частоты вращения в диапазоне 56 – 46 и 62 – 54 об/мин.



Выводы.

Проведено исследование топливной системы высокого давления на переходных режимах на различных исходных параметрах.

Существенное влияние на развитие характеристик впрыскивания при разгоне оказывает начальное давление в системе.

В разгруженном состоянии в процессе увеличения частоты вращения (при разгоне) требуется несколько циклов (в эксперименте четыре оборота) для подготовки условий первой подачи. При этом первый цикл характерен ступенчатым перемещением игла форсунки.

При наличии в системе даже невысокого начального давления (в опытах 27 бар) устойчивое впрыскивание наблюдается уже на первом обороте распределительного вала.

Характер изменения параметров топливоподачи при снижении частоты вращения (выбеге) не зависит от начальных условий эксперимента. В обоих опытах два последних цикла реализованы в режиме дробной работы форсунки.

СПИСОК 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. Славущкий В.М. Об интенсификации процесса подачи топлива в дизеле на режиме пуска : сборник научных статей / В.М. Славущкий, А.В. Курапин, В.В. Славущкий. – Волгоград : Известия Волгоградского государственного технического университета, – 2014. Вып. 18(145). – С. 26-30.

3. Техническая документация дизеля 6ЧН25/34. Техническое описание дизеля 6ЧН25/34. – Первомайский машиностроительный завод, – 2011. – С. 53.

УДК 629.063.6

Половинка Э.М., Ткач Ю.И.

Национальный университет «Одесская морская академия»

Влияние условий подвода воздуха на характеристики впрыскивания топливо-воздушной смеси системой судового среднеоборотного дизеля

На кафедре СЭУ НУ «ОМА» продолжается работа по совершенствованию путей оперативного влияния на рабочий процесс, используя принцип физико-химического регулирования свойств дизельного топлива. В этой области достаточный интерес представляет использование двухфазных рабочих тел, которыми могут быть, в первую очередь, топливно-воздушные смеси (ТВС).

Возможность применения воздуха в качестве присадки к топливу исследовали целый ряд авторов [1, 2, 3, 4].

Дизельное топливо насыщали воздухом как на линии высокого давления (ЛВД) [1, 2], а также на линии низкого давления (ЛНД) [3, 4] на всасывании топливного насоса. Во всех случаях авторы отмечают положительное влияние на экономические (снижение расхода топлива на 3 - 8 %) и экологические показатели работы дизеля. Однако гидродинамика процессов, по нашему мнению, изучена недостаточно.

Эта работа является продолжение ряда работ кафедры по данному вопросу [5, 6, 7] и рассматривает данные экспериментальных исследований подвода воздуха в канал форсунки при различных режимах работы системы топливоподачи.

Экспериментальная установка представлена на рис. 1, состоит из безмоторного стенда и системы подвода воздуха в канал форсунки.

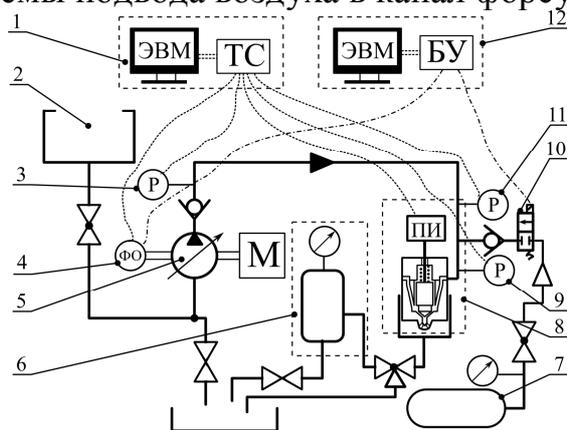


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки.

1- система сбора данных; 2 - бак с дизельным топливом; 3, 9, 11 - тензометрические датчики давления; 4 - фазовый отметчик и датчик поворота вала насоса; 5 - ТНВД и мотор; 6 - система контроля состава смеси; 7 - баллон со сжатым воздухом; 8 - форсунка; 10 - электромагнитный клапан; 12 - система управления.

В канал форсунки воздух проходит через электромагнитный клапан, который управляется при помощи блока управления (БУ) и ЭВМ. БУ подачей воздуха предусматривает задание двух параметров: момента подачи сигнала открытия клапана и продолжительность его действия — углов смещения и удержания: φ_c и φ_u . Алгоритм ориентирован на использование в качестве начального значения φ_c контрольной метки датчика угла поворота. Оба параметра могут задаваться как в угловых, так и временных единицах.

Как было показано ранее, подвод воздуха в ЛВД приводит к существенным изменениям свойств дизельного топлива — в первую очередь сжимаемости. Смесь обладает большой плотностью (соизмеримой с плотностью чистого топлива) и большой сжимаемостью, это приводит к тому, что скорость распространения возмущений в такой среде падает. Это может приводить в ряде случаев образования ударных волн в ЛВД. Вследствие увеличения сжимаемости смеси угол начала подачи форсунки смещается в сторону ВМТ на 1-2 °ПРВ. При переходе с чистого топлива (ЧТ) на топливно-воздушную смесь максимальные давления в системе топливоподачи снижаются (рис. 2).

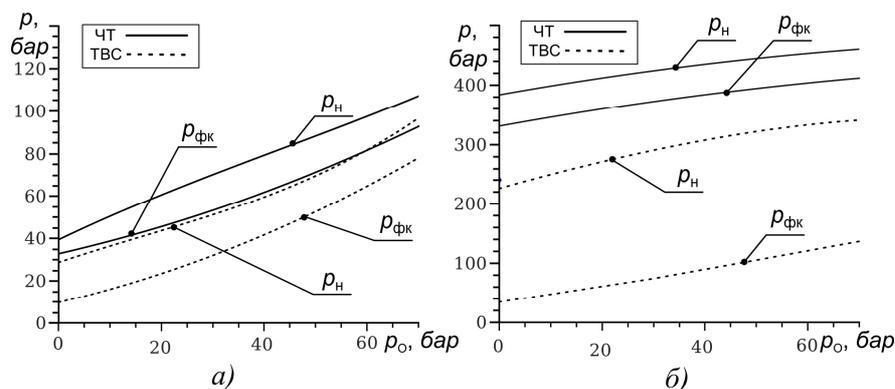


Рис. 2. Зависимость максимального давления у насоса p_n и максимального давления у форсунки $p_{фк}$ от величины давления затяжки иглы форсунки при работе ТА на ЧТ и ТВС: а) - $n_p=50$ об/мин; б) - $n_p=250$ об/мин.

Для изучения влияния фаз подвода воздуха на процесс впрыскивания ТВС был проведен эксперимент, состоящий из двух этапов:

Варьирование угла удержания φ_y на уровнях: 2, 8, 14 и 20°ПРВ на двух режимах скоростной характеристики системы: при номинальной частоте вращения распределительного вала $n_p = 250$ об/мин и минимальной $n_p = 50$ об/мин при $\varphi_c = 160$ °ПРВ

Варьирование угла смещения φ_c от 0 до 300 °ПРВ с шагом 60 градусов и от 190 до 230 °ПРВ с шагом 10 °ПРВ на режиме номинальной частоты вращения распределительного вала при $\varphi_y = 10$ °ПРВ.

Давление воздуха во всех случаях составляло $p_{возд} = 135...130$ бар, форсунки была настроена на давление подъема иглы $p_0 = 70$ бар, выход рейки ТНВД - $m = 15$ мм.

На режиме номинальной частоты вращения распределительного вала $n_p = 250$ об/мин при минимальном значении угла удержания $\varphi_y = 2$ °ПРВ величины давления топлива находятся на уровне, соответствующем работе на ЧТ, хотя

угол впрыскивания $\varphi_{вп}$ несколько возрос: с 16°ПРВ на ЧТ до 21°ПРВ для ТВС.

На рис. 3, 4 и 5 представлены совмещенные осциллограммы процессов соответственно у насоса p_n , в канале форсунки $p_{фк}$, и величины подъема иглы форсунки при углах удержания $8, 14, 20^\circ\text{ПРВ}$. Как видно, изменение φ_y не оказывает заметного влияния на процессы у насоса. Можно только отметить, что амплитуда колебаний в штуцере насоса в заключительной части впрыскивания несколько снизилась с увеличением φ_y от 8 до 20°ПРВ - на 20 бар. Длительность подъема иглы в фазе подачи воздуха $\varphi_{впв}$ (процесс слева) возрастает с увеличением φ_y , а в фазе подачи ТНВД $\varphi_{впб}$ (процесс справа, работа базовой системы) длительность подъема иглы снижается с увеличением φ_y . Однако общий угол впрыскивания $\varphi_{вп}$ при этом растет. Максимальное давление в канале форсунки $p_{фк}$ снизилось от 144 до 116 бар. На рисунке 5 отчетливо видно, что при угле удержания 2°ПРВ , когда подъема давления в период подачи управляющего сигнала не отмечено, игла форсунки при подаче ТНВД подниматься на 2 градуса раньше, чем во всех остальных случаях. Это объясняется изменением сжимаемости среды в ЛВД, такое явление наблюдалось и в наших прошлых экспериментах [7].

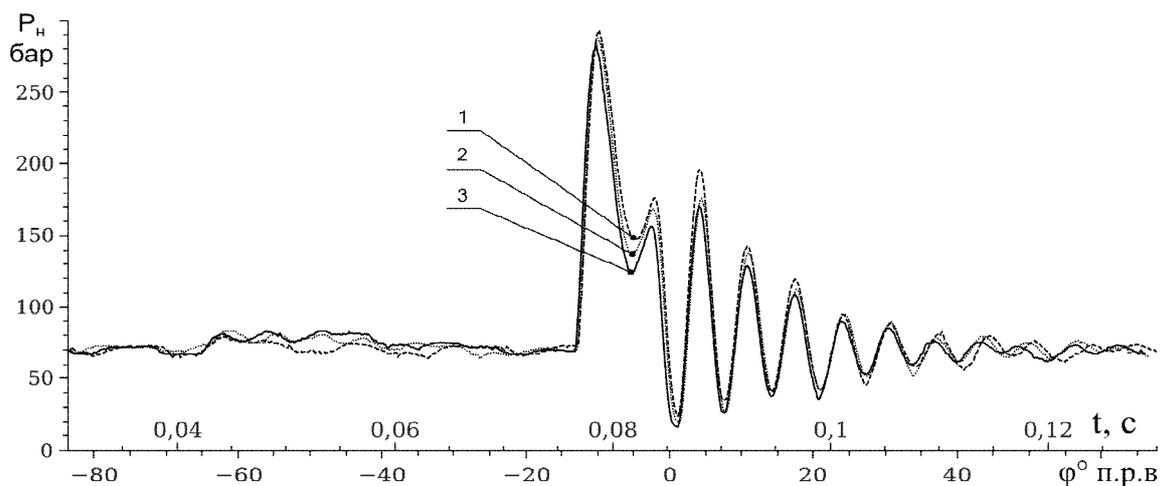


Рис. 3. Совмещенные осциллограммы процесса топливоподачи, $n_p = 250$ об/мин:
1 - $\varphi_y = 8^\circ\text{ПРВ}$, 2 - $\varphi_y = 14^\circ\text{ПРВ}$, 3 - $\varphi_y = 20^\circ\text{ПРВ}$

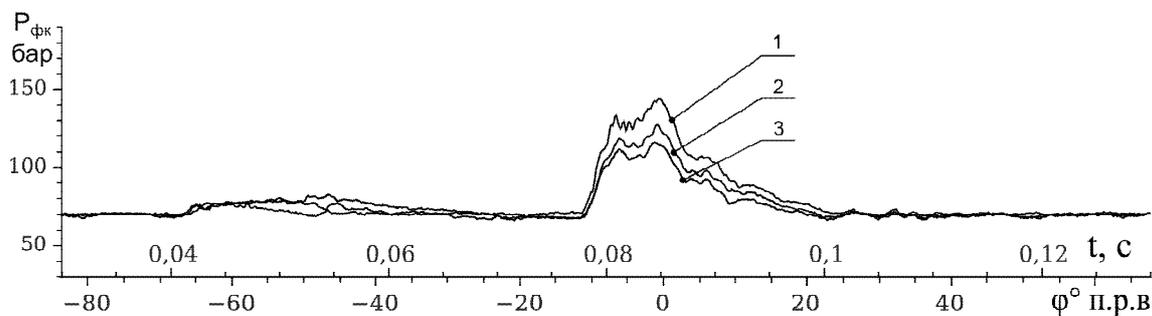


Рисунок 4. Совмещенные осциллограммы процесса топливоподачи, $n_p = 250$ об/мин:
1 - $\varphi_y = 8^\circ\text{ПРВ}$, 2 - $\varphi_y = 14^\circ\text{ПРВ}$, 3 - $\varphi_y = 20^\circ\text{ПРВ}$

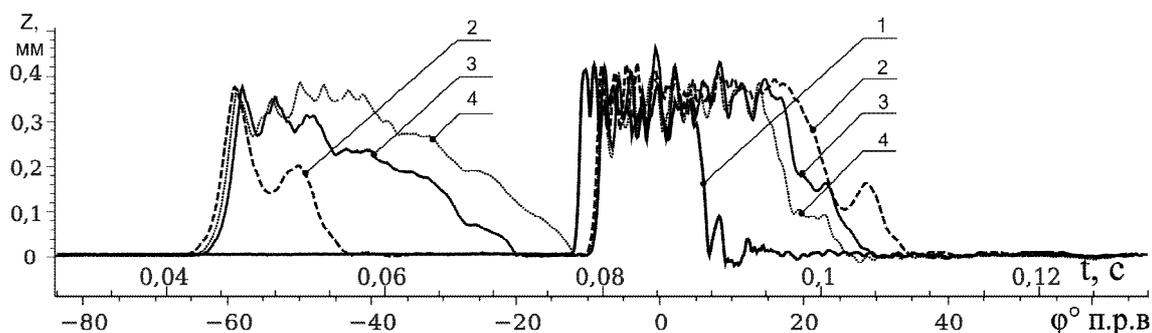


Рис. 5. Совмещенные осциллограммы процесса топливоподачи, $n_p = 250$ об/мин:
 1 - $\varphi_y = 2^\circ$ ПРВ, 2 - $\varphi_y = 8^\circ$ ПРВ, 3 - $\varphi_y = 14^\circ$ ПРВ, 4, - $\varphi_y = 20^\circ$ ПРВ

На режиме минимальной частоты вращения диапазон изменения давления невелик, также как и базового угла впрыскивания. Параметром, заметно зависящим от φ_y , является общий угол впрыскивания, меняющийся от 14 до 40 $^\circ$ ПРВ.

Следующим этапом стало изучение влияния угла смещения на работу системы топливоподачи. Для этого был проведен эксперимент с варьированием φ_c от 0 до 300 $^\circ$ ПРВ с шагом 60 градусов.

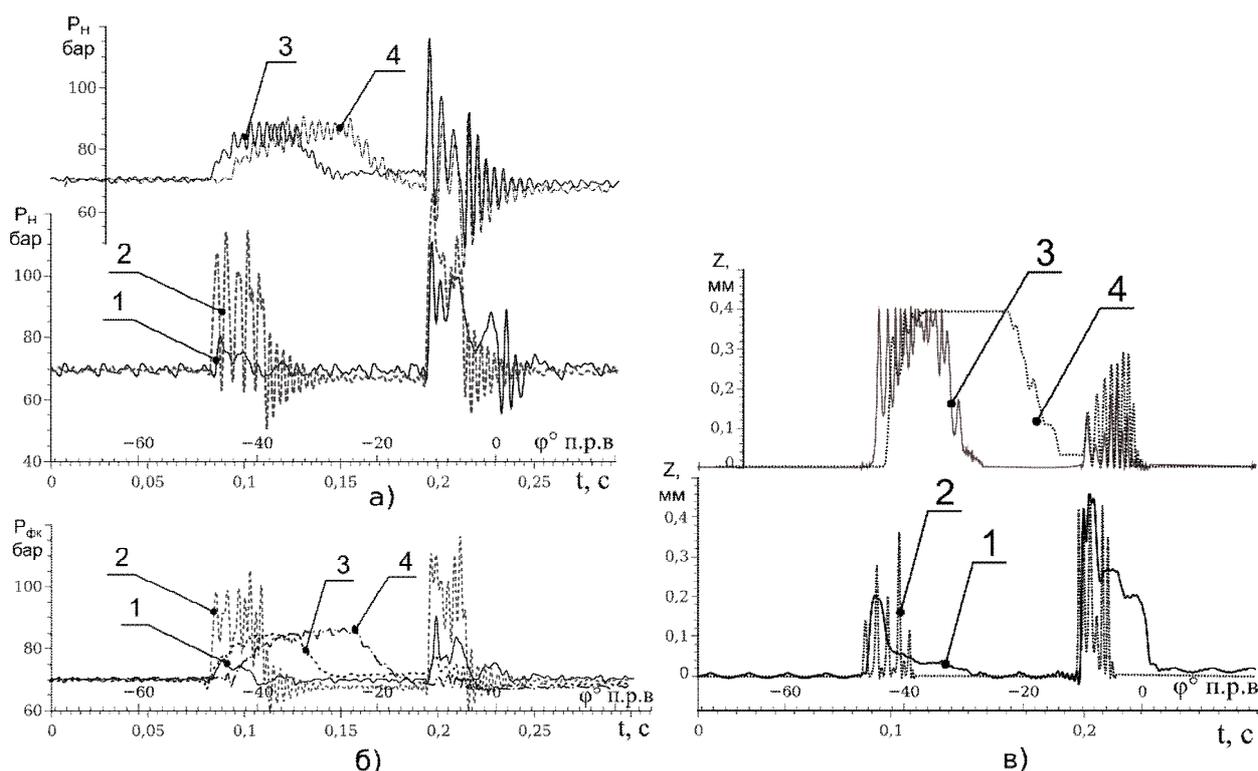


Рис. 6. Совмещенные осциллограммы процесса топливоподачи, $n_p = 50$ об/мин:
 а) - p_n ; б) - $p_{фк}$; в) — подъем иглы форсунки.
 1 - $\varphi_y = 2^\circ$ ПРВ, 2 - $\varphi_y = 8^\circ$ ПРВ, 3 - $\varphi_y = 14^\circ$ ПРВ, 4 - $\varphi_y = 20^\circ$ ПРВ

Влияния величины угла удержания на рабочие процессы также было исследовано при минимально частоте вращения кулачкового вала $n_p = 50$ об/мин. Соответствующие осциллограммы представлены на рисунке 6. Как видно, подвод воздуха во всех случаях вызывает подъем иглы форсунки. Очевидно,

что с увеличением φ_y возрастает количество воздуха, поступающего в систему. При угле удержания $\varphi_y = 8^\circ$ ПРВ наблюдается минимум в длительности подъема иглы форсунки - общий угол впрыскивания $\varphi_{вп} = 14,2^\circ$ ПРВ и максимум давлений в системе — максимальное давление в канале форсунки $p_{фк} = 100$ бар при дробном впрыскивании.

На рис. 7 приведены зависимости основных параметров процесса впрыскивания от угла удержания на двух режимах скоростной характеристики. На режиме номинальной частоты вращения кулачкового вала, как и было отмечено ранее, максимальные давления в системе резко снижаются, так p_n снижается на отрезке $\varphi_y = 2 - 8^\circ$ ПРВ в 1,75 раза, а далее следует плавное линейное снижение. На отрезке $\varphi_y = 2 - 8^\circ$ ПРВ $p_{фк}$ снижается более чем в 4 раза, дальнейшее снижение происходит с большей скоростью нежели в штуцере ТНВД. Увеличение угла удержания φ_y приводит к росту общего угла впрыскивания

С целью изучения работы системы при перекрытии фаз подачи ТНВД и подвода воздуха более детально угол удержания изменяли от 190 до 230° ПРВ с шагом 10 градусов.

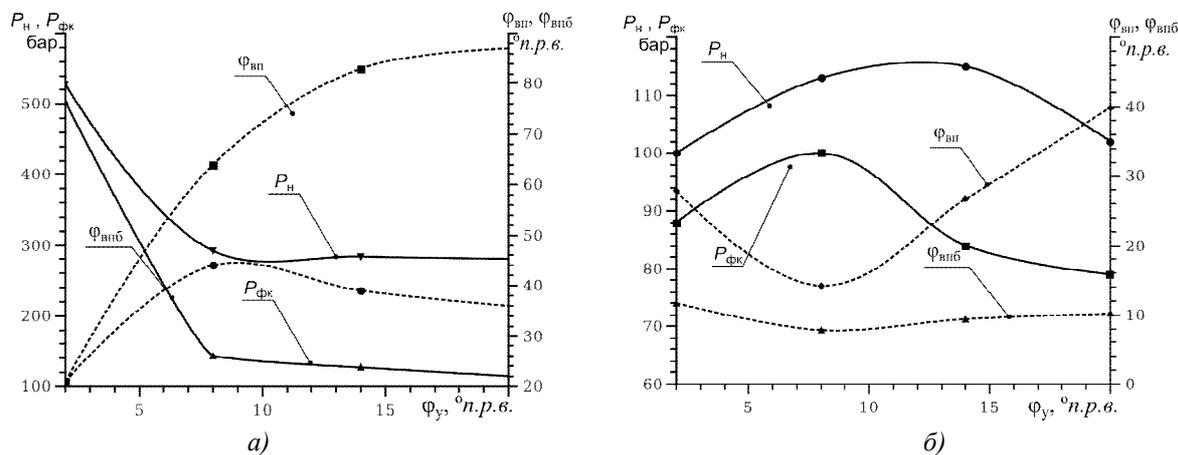


Рис. 7. Зависимости основных параметров процесса впрыскивания от угла удержания φ_y при: а) - $n_p = 250$ об/мин; б) - $n_p = 50$ об/мин.

На рисунке 8 приведены три осциллограммы работы системы топливоподачи при настройке значения угла смещения $180, 210, 300^\circ$ ПРВ - соответственно с подводом воздуха до момента подачи базовой системы, с перекрытием фаз подачи и после момента подачи базовой системы. Как видно с осциллограмм, характер процессов практически не зависит от угла смещения, если момент работы базовой системы и момент подвода воздуха не совпадают. Стоит отметить, что при $\varphi_c = 210 - 220^\circ$ ПРВ наблюдалось наибольшее максимальное давление в штуцере насоса и наименьший общий угол впрыскивания, как видно из рисунка.

Измерение цикловой подачи при изменении угла смещения и угла удержания показали, эти режимные настройки не влияют на $q_{ц}$.

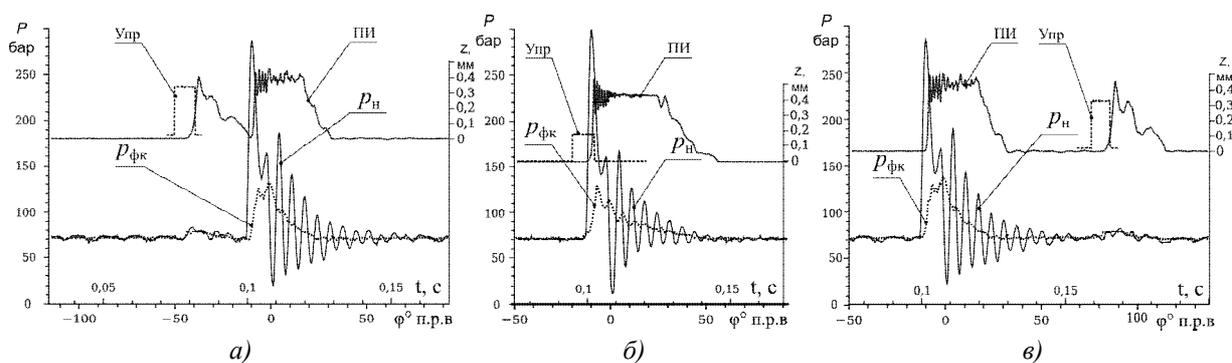


Рис. 8. Совмещенные осциллограммы процесса топливоподачи при различных значениях угла смещения, $n_p = 250$ об/мин.:
а) - 180 °ПРВ; б) - 210; в) - 300.

Выводы

Использование топливо-воздушной смеси в качестве рабочего тела системы впрыскивания обеспечивает широкие возможности управления характеристиками топливоподачи.

Проведено экспериментальное исследование влияния фаз подвода воздуха в канал форсунки системы впрыскивания судового среднеоборотного дизеля.

Увеличения угла подвода (фазы удержания) приводит к росту поступления воздуха в систему, что вызывает снижение максимальных давлений в системе и увеличение общего угла впрыскивания на номинальном скоростном режиме.

Смещение момента подвода воздуха не приводит к существенным изменениям в системе топливоподачи, кроме случаев перекрытия фаз подачи базовой системы и подвода воздуха.

Установлено, что изменение исследованных режимных параметров не влияют на величину цикловой подачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матиевский Д.Д. Свистула А.Е. Повышение экономичности и снижение вредных выбросов дизеля воздействием на рабочий процесс присадки газа к топливу / Ползуновский альманах №2/2000 Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2000.
2. Дудкин В.И. Диагностика альтернативной системы питания дизеля / Известия Алтайского государственного университета, 2011, No. 1-2(69).
3. Yasuhito N., Takashi W., Toshihiko E. Experimental investigation on diesel engine performance using nano air-bubbles mixed into gas oil / Journal of energy and power engineering, 2013, No. 7, 827 — 833.
4. Yasuhito N., Shintaro K., Kenta S., Toshihiko E., Takashi W. Effect of nano air-bubbles mixed into gas oil on common-rail diesel engine / Energy, 2013, No. 59, 233-239.
5. Половинка Э. М., Ткач Ю. И. Гидродинамические характеристики двухфазных сред в системах впрыскивания дизелей / Судовые энергетические уста-

новки: научно-технический сборник. Вып. 30. - Одесса: НУ «ОМА», 2012. - 214с.

6. Половинка Э. М., Ткач Ю. И. Математическое моделирование рабочих процессов в системах впрыскивания дизелей при двухфазном состоянии топлива / Материалы научно-технической конференции «Энергетика судна: эксплуатация и ремонт», 26.03.2014 — 28.03.2014. Часть I. - Одесса: НУ «ОМА», 2014. -176с.
7. Половинка Э. М., Ткач Ю. И. Влияние режимных параметров на характеристики впрыскивания топливно-воздушной смеси системой топливоподачи судового среднеоборотного дизеля / Судовые энергетические установки. - 2015. - Вып. 36. - С. 115-123.

УДК 621.436.013.43.038:629.5

Половинка Э.М., Бабенко А.А.

Национальный университет «Одесская морская академия»

Влияние характеристик впрыскивания на процессы смесеобразования

1. Введение:

Несмотря на более чем вековую историю мирового двигателестроения интерес исследователей к проблемам смесеобразования и горения в дизелях – наиболее распространенных двигателях внутреннего сгорания (ДВС) не уменьшается. Современная техника предъявляет все более жесткие требования к мощностным, экологическим и экономическим показателям дизелей, что требует решения проблем улучшения процессов смесеобразования и горения.

Решение таких серьезных задач невозможно без использования современных способов получения экспериментальных данных и средств математического моделирования внутрицилиндровых процессов в дизелях. Поскольку в настоящее время топливно-воздушную струю (ТВС) дизеля описывают эмпирическими формулами, то задача состоит в том, чтобы на стадии проектирования и доводки дизеля можно было бы сравнительно просто и достоверно при помощи эмпирических и математических моделей и численного моделирования прогнозировать показатели работы двигателя. Поэтому разработка достаточно простой математической модели ТВС дизеля, основанной на строгих законах описания процессов движения и смесеобразования ТВС, а также проведение экспериментальных исследований ТВС в двигателе или модельной бомбе постоянного объема (БПО) с использованием современных оптических методов и скоростной видеосъемки, представляется задачей актуальной.

2. Состояние проблемы исследования смесеобразования в дизеле

В настоящее время возможность успешного решения многих практических задач при проектировании и доводке ДВС в значительной мере определяется наличием надежных методов расчета, построенных на основе математических моделей, позволяющих существенно сократить трудоемкий и дорогостоящий

эксперимент, заменив его исследованиями на физических и математических моделях с использованием компьютерной оптимизации.

Методы расчета и оптимизации процессов смесеобразования в дизелях представлены в работах Ю.Б. Свиридова, А.С. Лышевского, И.И. Вибе, Н.Ф. Разлейцева, Г. Ситкей, Р.З. Кавтарадзе и многих других отечественных и зарубежных учёных.

Круг задач, решение которых необходимо учитывать при анализе рабочих процессов в ДВС непрерывно расширяется. Так в последние годы в перспективных конструкциях систем топливоподачи применяется повышение давления впрыска, которое требует проведения согласования параметров ТВС с геометрией камеры сгорания дизеля. Развитие эффективных методов расчета динамики ТВС представляется актуальной задачей, поскольку:

– существующие математические модели и экспериментальные методы исследования рабочих процессов ДВС с воспламенением от сжатия не являются достаточными. Упрощенное описание физико-химических процессов в дизелях не позволяет решать широкий круг экологических, экономических и технических задач, связанных с дальнейшим совершенствованием ДВС;

– несмотря на исключительно важное практическое значение процесса смесеобразования, он, как правило, рассматривается в рамках однозонной или двухзонной моделей, не учитывающих существенное различие температуры в различных зонах ТВС, влияющей на процессы испарения, поскольку динамика ТВС дизеля описывается осреднёнными характеристиками, не учитывающими турбулентные и диффузионные процессы в КС дизеля.

3. Моделирование динамики топливовоздушной струи дизеля как тела переменной массы

В разделе описана шестизонная математическая модель ТВС при смесеобразовании в ДВС, основные положения расчёта которой следующие:

– ТВС представляет собой усеченный конус с углом раскрытия 2β и вершинным диаметром $d_0=2r_0$, при координате z_0 , состоит из K слоев (Рисунок 1). Каждый слой содержит кольца в количестве I штук (включая осевой усеченный конус), которые образуют концентрические зоны и обмениваются энергией, импульсом и массой между собой и окружающим ТВС газом. Координаты и скорости передней и задней границ k -го слоя имеют значения z_k , z_{k+1} и w_k , w_{k+1} соответственно. В центре k -го слоя скорость потока определяется как

$$W_k=(w_k+w_{k+1})/2, \text{ а координата } Z_k=(z_k+z_{k+1})/2;$$

– количество топливных струй определяется числом сопел топливной форсунки двигателя, а процесс моделирования сводится к рассмотрению одной ТВС, вытекающей из сопла форсунки;

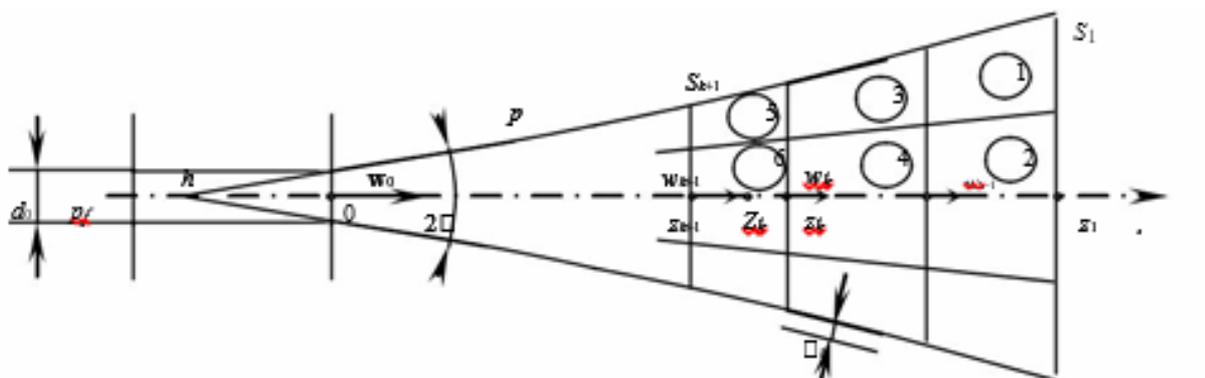


Рис. 1. Шестизонная модель ТВС дизеля

– массообмен учитывается в радиальном направлении в форме турбулентной диффузии на границе с окружающим газом и молекулярной диффузией на конической границе между зонами струи. Добавляется и фронтальный приход воздуха в ТВС. Скорости притока и оттока масс отдельных компонентов топливно-воздушной смеси определяются диффузионными процессами;

– зоны представляют собой дисперсную среду, состоящую из газовых объемов с включенными и зафиксированными в них каплями распыленного жидкого топлива. Распределение по размерам этих капель учитывается упрощенно путем введения среднеобъемного и среднеквадратичного диаметров для расчета массы распыленного топлива и процессов тепломассообмена капель с окружающим газом

4. Исследование характеристик распыленной топливовоздушной струи дизеля

В разделе приводятся методики оптических исследований распределения капель в ТВС по размерам при их малоугловом светорассеянии, с оценкой параметров этого распределения, а также скорости распространения фронта ТВС по времяпролетной методике с использованием камеры скоростной видеосъемки и экспериментального комплекса для создания противодавления на основе БПО и организации впрыска топлива.

Оптическая схема и экспериментальная установка на базе БПО, реализующие времяпролетную методику исследования скорости распространения фронта ТВС, представлена на рисунках 2 и 3.

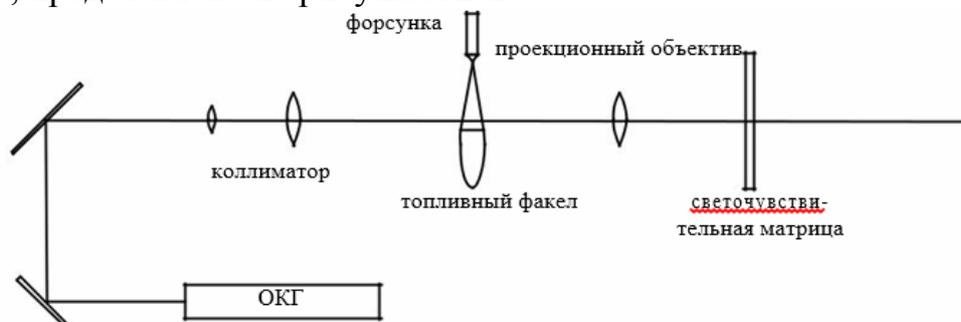


Рис 2. Оптическая схема исследования скорости распространения фронта ТВС по времяпролетной методике

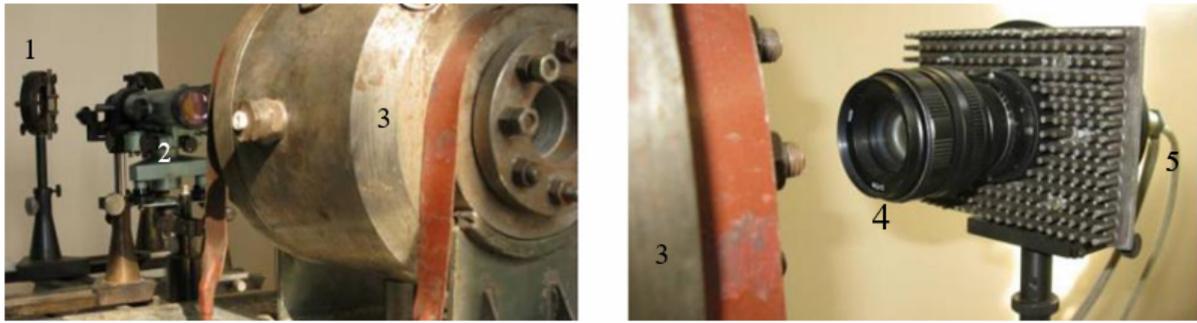


Рис. 3. Установка для исследования скорости распространения фронта ТВС по времяпроектной методике:

1 – поворотное зеркало в держателе; 2 – коллиматор; 3 – модельная камера с форсункой (на базе БПО); 4 – проекционный объектив; 5 – камера скоростной видеосъемки

При исследовании распределения капель в ТВС излучение лазера коллимируется оптической системой, состоящей из короткофокусного и длиннофокусного объективов и точечного отверстия (pinhole), позволяющего значительно уменьшить зернистый шум от паразитного светорассеяния. Прошедшее излучение фокусируется в дифракционное пятно и отсекается фильтром низких пространственных частот, а наблюдаемая картина проекционным объективом отображается на светочувствительную матрицу регистрирующей аппаратуры.

При обработке результатов исследований дисперсности распыливания топлива методом малоуглового светорассеяния предполагается, что диаметр

капель распределен по логарифмически нормальному закону (для случайной величины a - диаметра капли справедливо, что $\ln a$ распределен по нормальному закону с параметрами a_m и σ), В связи с тем, что размер капель топлива, в основном, заключен в пределах от a_{\min} до a_{\max} , в эксперименте определяются параметры, так называемого, усеченного логнормального распределения, в котором пределы интегрирования функции плотности вероятности в условии нормировки сужаются от интервала $(0 - \infty)$ до интервала $(a_{\min} - a_{\max})$, то есть

$$\int_0^{\infty} f(a) da = \frac{1}{\ln \sigma \sqrt{2\pi}} \int_{\ln a_{\min}}^{\ln a_{\max}} \exp\left(-\frac{(\ln a - \ln a_m)^2}{2 \ln^2 \sigma}\right) d \ln a = 1.$$

5. Результаты исследований и вопросы согласования ТВС с геометрией камеры сгорания дизеля

Рассмотрены вопросы согласования параметров ТВС с геометрией камеры сгорания дизеля, а также результаты экспериментального определения распределения капель топлива по размерам, распространения фронта ТВС и дальноточности струи с системой топливоподачи CR. Для проведения расчётов динамики ТВС использовалась упрощённая однозонная математическая модель материальной точки переменной массы (Рисунок 7), предполагающая описание ТВС до момента отрыва

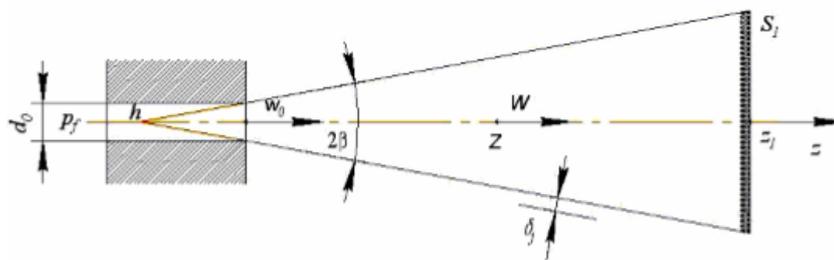


Рис.4. ТВС при однозонном представлении

Для обработки экспериментов по динамике ТВС предложена формула

$$z_{\bar{\phi}} = z_{\max} [1 - \exp(-t / \tau_{\bar{\phi}})],$$

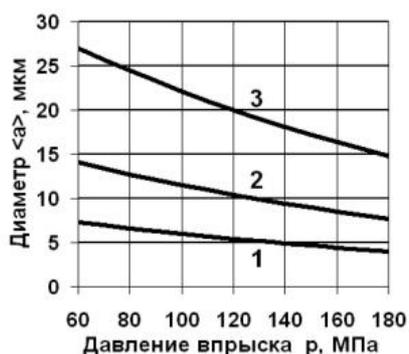


Рис. 5. Зависимость средних диаметров капли ДТ от давления впрыска.

рВПР при диаметре устья сопла 0,30 мм: 1 - среднеарифметический (a_{10});
2 - среднеобъемный (a_{30});
3 - диаметр Заутера (a_{32})

Как видно из представленной зависимости, при увеличении давления впрыска средний диаметр капли уменьшается приблизительно по экспоненциальному закону

$$\langle a \rangle_{\text{ДТЗ}} = a_{32} = a_0 \exp[-kp_{\text{ВПР}} / p_0] = a_0 \exp(-kx),$$

6. Выводы

Основные результаты работы состоят в следующем:

1. Разработаны математические модели и рабочие программы для численного моделирования процессов смесеобразования в многозонном приближении (основной вариант – разбиение ТВС на 6 зон) и для упрощенной однозонной модели ТВС. Проведенные численные расчеты характеристик ТВС показали удовлетворительное совпадение с экспериментальными данными (для однозонной модели порядка 5-7%).

2. Предложена полуэмпирическая модель ТВС для обработки экспериментальных данных, позволяющая, в отличие от существующих моделей, определять максимальную дальность ТВС.

3. Разработаны методики оптической диагностики ТВС с помощью скоростной видеосъемки для системы топливоподачи СР в БПО в условиях, приближенных к рабочему процессу в дизеле по давлению (2,0–4,0 МПа) и температуре (500-800 К).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Сеначин, П.К. Моделирование динамики топливной струи и процессов смесеобразования в дизельном факеле / П.К. Сеначин, С.А. Ульрих, В.В. Чертищев // Вестник Академии военных наук.- 2011.- № 2(35).- С. 316-321.
2. Чертищев, В.В. Оптическая диагностика топливно-воздушного факела дизеля. Распределение капель топлива по размерам / В.В. Чертищев, С.А. Уль-

УДК.629.123

Малахов А.В., Палагин А.Н., Гудилко Р.Г., Малахова Д.О.
Национальный университет «Одесская морская академия»,
Одесский национальный политехнический университет

**Изучение процесса разрушения движущихся воздушных каверн внутри
заполненных балластных танков судов погружного типа SEMI-
SUBMERSIBLE HEAVY-LIFT**

Современные тенденции развития транспорта для перевозок крупногабаритных и нестандартных грузов на судах погружного типа Semi-Submersible Heavy-Lift требуют использование новых подходов к технологии их эксплуатации [2]. На первое место выходят требования к повышению надежности их работы на волнении и сокращению сроков проведения погрузочно-разгрузочных операций без снижения показателей аварийности.

Особенности конструктивного исполнения таких судов при погружении или всплывании судна на месте приемки или сдачи груза всегда приводят к одной и той же проблеме – возникновению и дальнейшему хаотическому движению воздушных полостей внутри заполненных водой танков судна. Из-за большого объема балластных танков их инерционные характеристики во время движения внутри объема жидкости могут приводить к усилению качки судна, давать высокие дополнительные нагрузки на его корпус или приводить к возникновению аварийных ситуаций с отрицательным исходом – потерей груза, затоплением судна и т.п.

Решение научных задач, связанных с движением газовых пузырей в замкнутых объемах с жесткими границами рассматривалось в различных работах, но до настоящего времени проблема сильного сокращения объема пузыря во время его перемещения внутри жидкости большого объема не рассматривалась и остается не решенной. В привязке к техническим особенностям работы судов погружного типа Semi-Submersible Heavy-Lift проблема устранения паразитных объемов воздуха внутри балластных танков, заполненных водой не рассматривалась вообще.

При анализе работы судов погружного типа Semi-Submersible Heavy-Lift было установлено, что основная проблема в их работе заключается в поддержании дифферента судна при операциях погружении или всплывания. В этом случае единственным техническим решением является комбинированное сочетание операций предварительной и основной балластировки судна. В ходе их проведения непрерывно производится изменение дифферента и крена судна за счет наполнения балластных танков в четкой последовательности и с определенной скоростью заполнения.

При заполнении танков всегда возникает паразитный объем воздуха. Он представляет собой непрерывно движущийся вдоль поверхности воды пузырь

большого, но всегда конечного объема. Максимальное значение пузыря составляет до 10 % объема танка. При размерах судовых танков от 3600 до 6720 м³ может иметь защемление полезного пространства танка в объеме от 360 до 672 м³ соответственно. Движение в балластных танках таких колоссальных воздушных объемов во время качки судна выражается в его неконтролируемом дополнительном раскачивании.

Амплитуда и направление движения паразитного воздушного пузыря внутри танка не связаны с характеристиками волнения морской поверхности или ветровой нагрузкой на корпус судна и являются самопроизвольными. Фактические условия для наступления резонанса, приводящими к перевороту судна всегда остаются не определенными.

Поскольку в зависимости от размеров судна средняя площадь поверхности танка составляет от 300 до 560 м² устранить паразитный воздух за счет работы штатных переливных клапанов не всегда возможно. Траектория движения пузыря не всегда совпадает с местами установки клапанов и по этому возможно проскакивание их рабочих отверстий. Самыми вероятными местами скопления воздуха являются угловые зоны танков. При движении паразитного воздушного объема внутри танка время его прохождения через область действия переливного клапана может быть намного меньше пропускного значения объемного расхода самого клапана.

Если использовать гидродинамическое приближение, то воздушные пузыри могут рассматриваться, как динамически движущиеся газообразные структуры в капельной несжимаемой жидкости [4]. Хотя эти структуры постоянно изменяют свою пространственную форму и расположение, они должны рассматриваться, как цельные однородные объекты, обладающие своей собственной присоединенной массой, инерционностью, частотой и периодом колебаний.

При колебательном движении между противоположными стенками балластного танка паразитные объемы воздуха вызывают явления резонансных автоколебаний, когда совпадение частоты колебательного движения воздушного пузыря внутри танка может совпасть с частотой колебаний взаимодействующих с корпусом судна морских волн. Эти колебания приводят корпус судна к дополнительной качке. В результате их возникновения на судне всегда возникают аварийные ситуации, приводящие к избыточным нагрузкам на корпус или даже к его оверкилю. Техническое устранение таких колебаний может стать невозможным из-за быстродействия возникшего колебательного процесса.

Расположение воздушного пузыря в выделенной части балластного танка может быть стационарным – в районе угловых зон или верхней стенки танка [3]. В этом случае негативное присутствие воздуха будет проявляться в сложности остаточной балластировки балластных танков, отвечающих за операции дифферента или кренования судна.

Для решения проблемы устранения негативного влияния стационарных или динамически перемещающихся воздушных полостей на работу системы погружения или всплытия судна был использован подход базирующийся на

принципе гидродинамических неустойчивостей, когда при разрушении газового пузыря в воде в зоне турбулентного перемешивания на границе раздела всегда наблюдается скачек концентрации воды [1, 5]. Он всегда возникает на границе сред разной плотности при их движении с ускорением.

В применении к решаемой научно-технической задаче подразумевается разделение одиночного воздушного пузыря большого размера на ряд мелких и не взаимодействующих между собой воздушных объемов. Это разделение должно происходить за счет подачи с верхней части судового танка струй воздуха под давлением. Струи могут создаваться стандартным штатным оборудованием судовой компрессорной системы.

Для технической реализации такой технологии на судне может быть использован подход, рассмотренный в работе [1]. В ней показано, как одиночный воздушный пузырек коллапсирует вблизи жесткой поверхности с эффектом образования высокоскоростной струйки, направленной вниз и образующейся на вершине пузыря при его коллапсе. Механизм разрушения основного пузыря, заключается в прохождении тонкой струей окружающей жидкости через пустоту внутри воздушного пузырька и соударении с его дном с последующим затягиванием за собой внешней границы пузыря.

В соответствии с классификацией работы [4] все движущиеся в жидкости структурированные газовые элементы могут быть разделены на классы с использованием масштабного фактора. Они показаны на рисунке 1 и к этим классам относятся: 1 - структурированный слой или однородно расширяющийся объем; 2 - пузырьчатые объемы; 3 - медузообразные структуры; 4 - турбулентные структуры; 5 - быстрорастворяющиеся пузыри; 6 - псевдооживленный кластер [4].

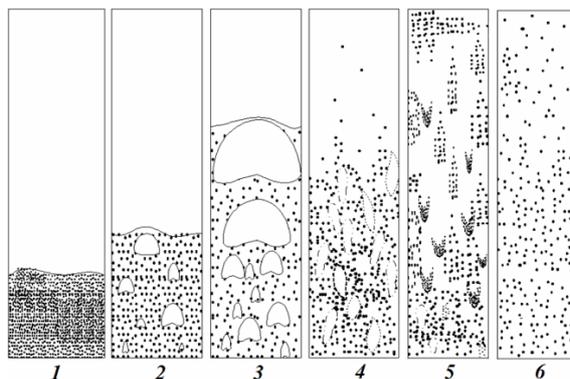


Рис. 1. Виды структурированных газовых элементов в жидкости [4]

Теоретические исследования базировались на использовании численного решения уравнений движения и использованием конечно-разностного метода. Трюм судна, показанный на рисунке 2 был смоделирован расчетными узлами, покрывающими как свободную поверхность воды (на рис.2 не показаны), так и узлы подачи сжатых струй (на рис. 2 пунктир). Как видно на схеме узловой шаг ΔL в продольном направлении был постоянным.

В ходе расчетов был изучен характер уменьшения объема пузыря в зависимости от времени его разрушения. Расчет производился для условий, когда

миделево сечение пузыря имеет четкую форму прямоугольника и круга, а их объемы совпадают. На рисунке 3 показано изменение во времени безразмерного соотношения между текущей S_t и начальной S_n площадью пузыря. Величина расчетного шага по времени составляла 0,001 секунды.

Как видно на графике основное уменьшение объема пузыря происходит в среднем через 0,02 секунды, когда ударная струйка воды проходит через его поперечный размер, турбулизирует всю поверхность раздела воздуха и воды и вызывает неустойчивость Релея-Тейлора вдоль всей поверхности пузыря.

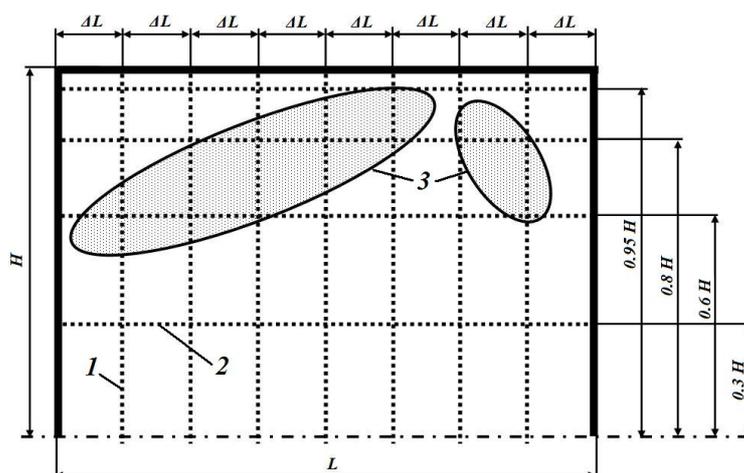


Рис 2 Схема расчетной области балластного трюма

1 – расчетные узлы моделирующие поперечный воздушный трубопровод; 2 – расчетные узлы моделирующие продольный воздушный трубопровод; 3 – паразитные воздушные пузыри.

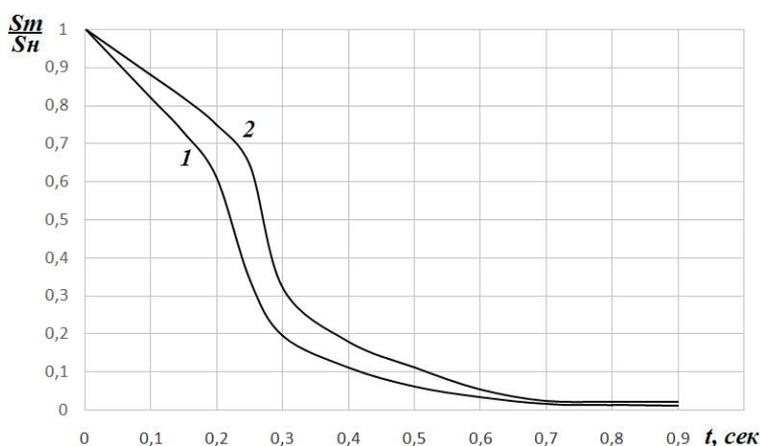


Рис. 3. Скорость изменения площади воздушного пузыря

1 – начальная форма в виде круга; 2 – начальная форма в виде прямоугольника

Технология устранения паразитных воздушных объемов в балластных танках судна подразумевает распыл струй воздуха за счет распределенной подачи по всему контуру вспомогательной системы. На рисунке 4 приведена полученная в ходе экспериментов графическая зависимость скорости работы системы в зависимости от первоначального объема паразитного воздуха.

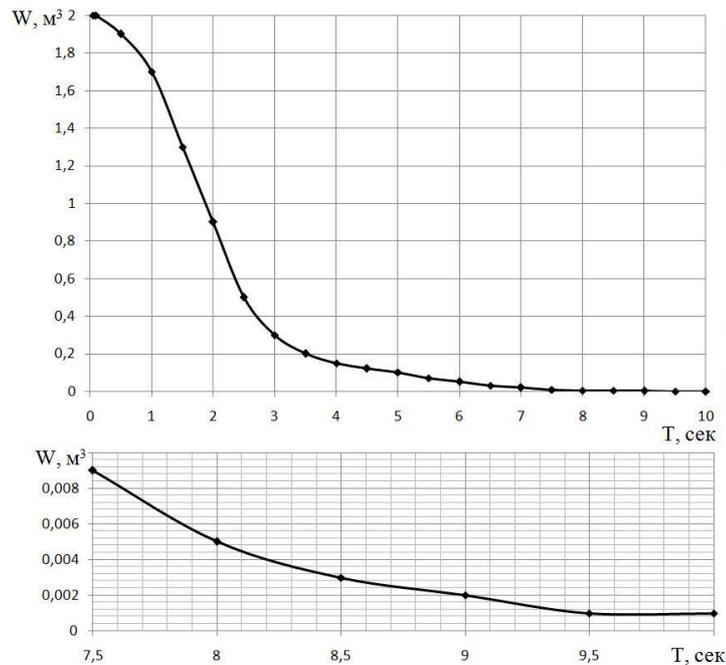


Рис 4. Влияние объема паразитного воздуха на степень дискретности подачи струй под давлением

В результате использования приведенного на рис.4 графика может быть выполнена установка четкого времени срабатывания автоматически управляемых клапанов системы подачи воздуха под давлением и осуществляться постоянный контроль степени наполнения балластных танков до их полного опрессовывания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мешков Д.Е., Мешков Е.Е., Сиволгин В.С. Исследование влияния объема всплывающего пузыря на характер течения. Вестник Саровского ФизТеха, №8, 2005г., с.68-73.
2. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://boskalis.com/about-us/dockwise.html>
3. Malahov A., Gudilko R., Palagin A., Maslov I. Efficiency improvement of ships operation by water-fuel emulsion using. East-European Journal Of Enterprise Technologies. Vol. 3/8 (81) 2016. P. 48-54.
4. J. Li. Euler-lagrange simulation of flow structure formation and evolution in dense gas-solid flows. Enschede, 2002. P. 212.
5. Yu.B.Bazarov, R.I.Kanygin, E.E.Meshkov, M.A.Pikalova, Ya.V.Fedorenko, G.M.Yanbayev, Proc. of Int. Conf. «Fluxes and Structures in Fluids». St. Petersburg, 2013, p.26-28.

Аболешкин С.Е., Захариков В.А.
Национальный университет «Одесская морская академия»,

Использование судовой паровой турбины на судах-газовозах

Вступление:

Мир находится всегда в поиске источников энергии альтернативных нефти. Природный газ является одним из самых экологически чистых видов топлива. Стоимость газа в несколько раз ниже стоимости нефтяных моторных топлив. Газовая индустрия является одним из приоритетных и наиболее перспективных направлений развития экономики мира, что напрямую влияет на развитие рынка газомоторного топлива.

Ведущие мировые автопроизводители выпускают более 80 моделей газовых автомобилей, газовых автобусов и других видов транспорта, работающих на газу.

Ведущие мировые производители моторов выпускают двигатели внутреннего сгорания, работающие на газомоторном топливе, в диапазоне мощностей от 100 до 26 000 кВт.

Переход на природный газ - экономически эффективная альтернатива

Переход на газомоторное топливо потребовало значительных инвестиций в исследования и разработки производителей двигателей, систем хранения, установок сжижения и прочего оборудования.

По опыту строительства судов на газомоторном топливе, при постройке судно на газовом топливе – на 10-15% дороже. По некоторым судам это увеличение доходит до 25%.

Дополнительные расходы на постройку судна окупаются за 5-8 лет по следующим причинам:

- природный газ традиционно в 2-3 раза дешевле других видов топлива;
- исключаются расходы на штрафы за превышение норм по выбросам.

В расчете на весь жизненный цикл судно-газоход экономически эффективнее судна на традиционном нефтяном топливе.

Применение природного газа на судах

Сжиженный природный газ (СПГ) – применяется на судах, не являющихся газовозами, в особенности в странах, для которых экологические аспекты имеют высокий приоритет и где строительство судов на природном газе стимулируется экономическими мерами (Норвегия и др.).

К таким судам относятся паромы и оффшорные суда, а также суда, работающие в прибрежных и внутренних акваториях на достаточно постоянных и относительно коротких маршрутах в районах контроля выбросов.

Сжатый (компримированный) природный газ (КПГ) – применяется в качестве судового топлива небольших прогулочных судов и катеров.

В регионах с уже имеющейся развитой инфраструктурой для использования КПГ на транспорте (Таиланд, Китай и др.), КПГ применяется также на судах других различных типов и назначений.

Сжиженный углеводородный газ (СУГ) – применяется на небольших танкерах, контейнеровозах и судах Ро-Ро, работающих в прибрежных или внутренних водах в регионах с традиционно развитой инфраструктурой СУГ.

Специально для транспортировки СПГ, который производится в рамках проекта «Сахалин-2», по заказу российско-японского консорциума судоходных компаний на верфях в Японии построены три газовоза со сферическими танками — «Гранд Анива», «Гранд Елена» и «Гранд Мерея». Каждое из этих судов способно принять на борт 145 тыс. куб. м СПГ.



Рис. 1. Газовоз «Гранд Анива»

Несмотря на то, что последние 40 лет паровая турбина доминировала на судах-газовозах в качестве пропульсивной установки, дизель-электрическая установка с использованием двух видов топлив, газа и мазута (Dual Fuel Diesel Electric engine — DFDE), заметно потеснила позиции паровой турбины и в последние годы становится нормой для судов-газовозов. Если еще в 2007г. доля турбин на газовом флоте составляла около 85 %, то уже к 2010 г. она снизилась до 25 % . Первые два судна с двухтопливными дизельными двигателями, Provalys и Gaz de France energy, были спущены на воду в 2006 г., а к 2010 г. таковых стало уже более 30.

ПТУ без промежуточного перегрева пара менее экономичны, чем поршневые двигатели, однако затраты для переоборудования на газообразное топливо незначительны. Высокая надежность и долговечность главных турбозубчатых агрегатов (ГТЗА), непрерывность рабочего процесса и, как следствие, отсутствие циклических термических напряжений, более низкие затраты на строи-

тельство, техническое обслуживание и ремонт обеспечивают достаточно низкие фрахтовые ставки и способствуют дальнейшему поступлению заказов на постройку газозовов с ПТУ.

Главный двигатель — судовая паровая турбина MS 36-2 производства Mitsubishi Heavy Industries. Главные котлы MB 3E (2 шт.) той же фирмы. Тип котла — двухбарабанный, водотрубный, с горелками для топлива двух видов.

Параметры пара: 6,0 МПа и 515 °С; максимальный расход пара 55 тыс. кг/час

(15,28 кг/с). Пар поступает в турбину высокого давления (ТВД) через 5 сопловых клапанов. Различные комбинации открытых сопловых клапанов обеспечивают количественное регулирование: 100, 90, 75, 50 и 20 % номинальной мощности. Конденсатно-питательная система включает в себя конденсатор, деаэратор и другое оборудование. Главный конденсатор (ГК) поверхностного типа с камерой охлажденного пара производства Mitsubishi Heavy Industries Ltd. Поверхность охлаждения — 2860 кв. м, расход охлаждающей воды — 11 500 м³/час, расстояние между трубными досками — 5 м, диаметр трубок — 19 мм, толщина стенок — 0,7 мм. Два конденсатных насоса, один из которых всегда в резерве, выполнены антикавитационными таким образом, что, если происходит срыв на всасывании, то обусловленная этим кавитация возникает на безопасном от крылатки расстоянии.

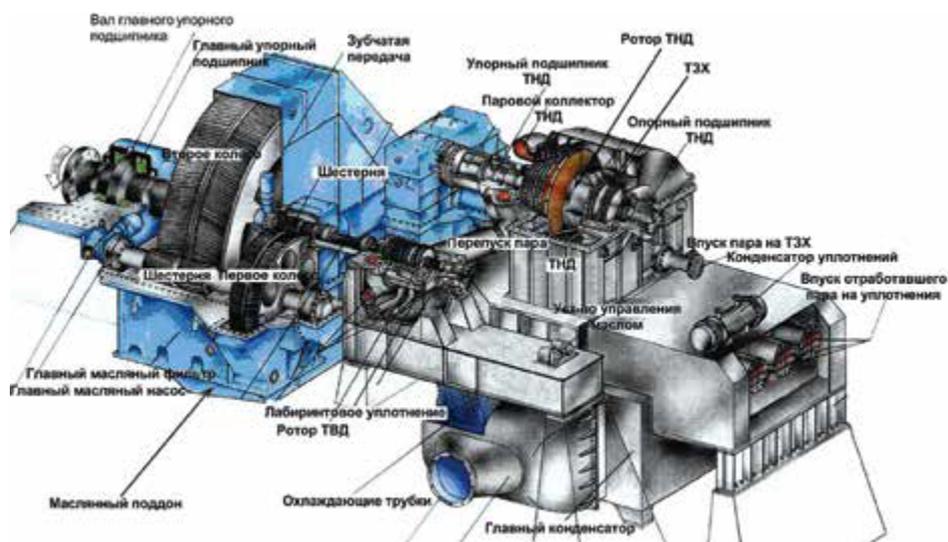


Рис. 2. Компонновка главного турбозубчатого агрегата танкера-газовоза «Гранд Анива»

Определив абсолютный эффективный КПД по удельному расходу топлива, можно найти приблизительное значение η_{oe} ($\eta_t \approx idem$) и вычислить расход пара. Выполненный комплекс экспериментальных исследований содержит совокупность результатов технических измерений параметров пропульсивного комплекса и судовой паротурбинной установки в условиях эксплуатации. Систематизация и анализ измерений позволяет решить научно-техническую задачу повышения экономичности СЭУ, а также усовершенствования турбоагрегатов морских газозовов при проектировании.

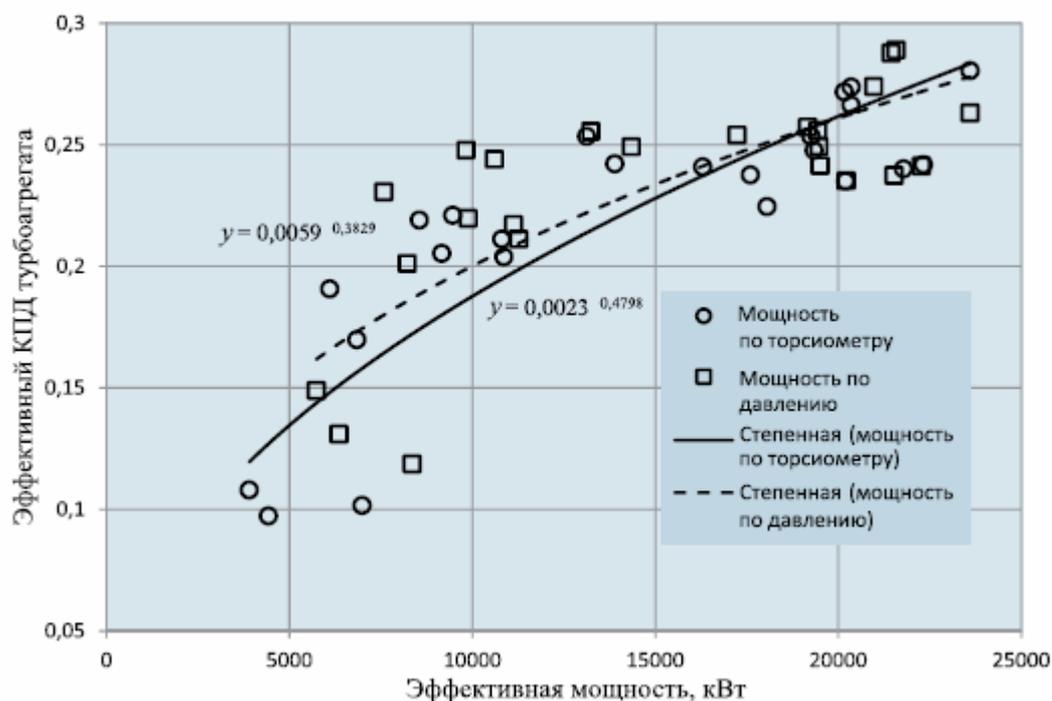


Рис. 3. Зависимость абсолютного эффективного КПД от мощности

В эксплуатации номинальная характеристика гребного винта может быть обеспечена только при комплексе номинальных условий: соответствующая осадка, чистый корпус, чистая и глубокая вода номинальной плотности, отсутствие ветра, течений и др. Любое отклонение условий от номинальных влияет на относительную поступь винта и его характеристику, следовательно, на соотношение скорости судна и оборотов гребного вала.

Изменение мощности судовых турбин практически всегда связано с изменением расхода рабочего тела. При этом устанавливаются новые обороты, другие окружные скорости рабочих лопаток, изменяется распределение давлений, теплоперепадов и реактивности по ступеням. В результате изменяются КПД отсеков и турбоагрегата в целом. Кроме того, уменьшение расхода пара приводит к снижению параметров пара в регенеративных отборах и падению экономичности тепловой схемы ПТУ.

Пропорционально расходу пара изменяется давление в отборах и, соответственно, температура подогрева питательной воды. Эти изменения столь значительны, что влияют на выбор параметров. Например, при питании

деаэратора из второго отбора, при нагрузке турбоагрегата менее 30 % может прекратиться самотечный выход газов в атмосферу, что недопустимо. Для обеспечения подогревателей и особенно деаэраторов паром стабильного давления при всех ходах судна и маневрах применяются трубопроводы и автоматические устройства подпитки системы от главных котлов. При питании теплообменников свежим паром регенеративный процесс не осуществляется, но обеспечивается надежность и стабильность работы котельного оборудования и конденсатно-питательной системы. Каким образом все это сказывается на характеристиках СЭУ, определить достаточно трудно, так как вопрос о свойствах регенеративных схем первого

рода с несколькими отборами недостаточно изучен.

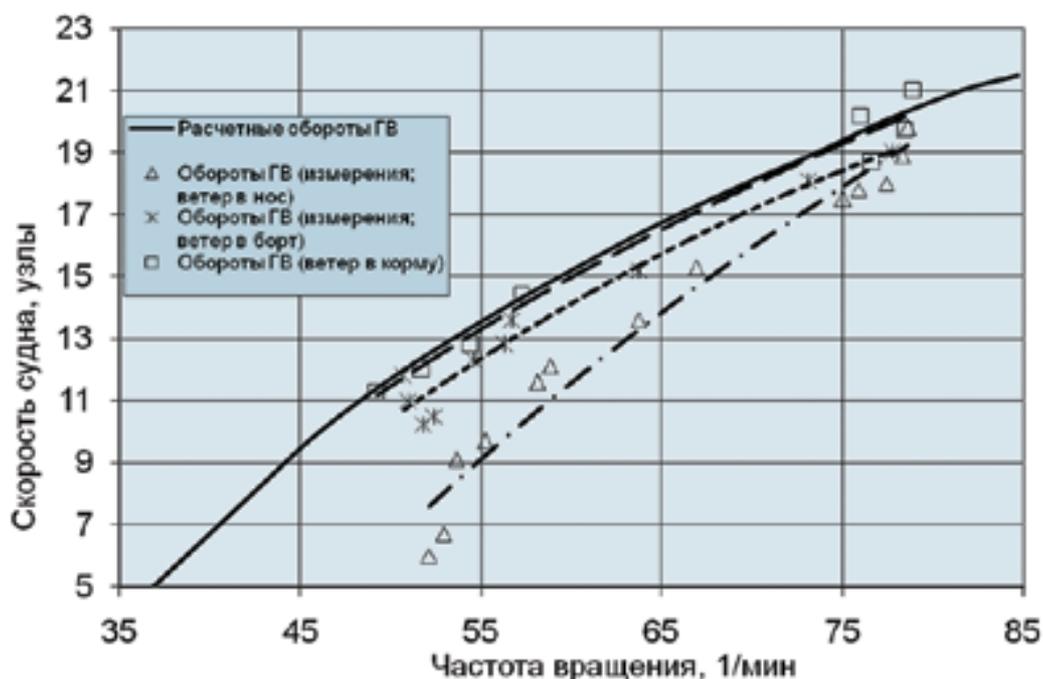


Рис. 4. Зависимость скорости судна от частоты вращения гребного вала (ГВ)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Производство, хранение и транспорт сжиженного природного газа / А. М. Шаммазов, Р. К. Терегулов, Б. Н. Мастобаев, Г. Е. Коробков. – СПб.: Недра, 2007. – 152 с.
2. Мкртычан Я. С., Ровнер Г. М. Опыт использования сжиженных углеводородных газов в качестве моторного топлива / НПО «Комплекс-1», г. Москва. – М., 2000.
3. Епифанов В. С. Применение природного газа в судовых энергетических установках // Речной транспорт. – 2008. – № 4. – С. 77–84.
4. Толшин В. И., Епифанов В. С. Применение сжиженного природного газа на речном флоте // Речной транспорт. – 2001. – № 3–4. – С. 41–44.

УДК 621.165

Аболешкин С.Е., Пилюк В.Р.

Национальный университет «Одесская морская академия»,

Анализ рисков в управлении техническим обслуживанием судна

Величина риска определяется как произведение вероятности того или иного события на последствия. В общем случае, анализу должны подвергаться лишь события, заключающиеся в нарушении функций, следовательно, должен быть составлен перечень главных функций и подфункций. Программа технического обслуживания (ТО) судна должна строиться не только на основании инструкций заводов-изготовителей, которые не учитывают связи объекта с

функциями систем судна, но и на основании анализа величин рисков отказов, которые эти связи учитывают. На Блок-схеме 1 представлен алгоритм определения необходимости корректировки программы ТО, в результате реализации которого с каждой работой по ТО связывается определенный риск. Эти величины должны в дальнейшем корректироваться по результатам эксплуатации и учитываться в текущем планировании деятельности экипажа по ТО судна.

Поскольку при управлении ТО в условиях дефицита средств вопрос формулируется так: «За счет расходов на поддержание какой функции (подфункции) будет поддерживаться данная функция?», следовательно, необходима информация о рисках, связанных с нарушением соответствующих функций. По моему мнению, уже оказывается недостаточным предлагаемое ABS ранжирование рисков на высокий, средний и низкий. Ввиду того, что передача части средств по поддержанию соответствующей функции другой может быть осуществлена лишь путем переноса соответствующих расходов на более позднее время, для каждой задачи ТО должна существовать информация о риске, связанном с переносом работы на какое-либо время.

Общепринятой практикой является допустимым отклонение сроков выполнения ТО от установленных в пределах 10 %. Как правило, этот «люфт» создает возможность маневрирования средствами в сложной ситуации и не рассматривается страховыми компаниями как нарушение инструкций. Принципиально решение задачи управления ТО при дефиците имеющихся ресурсов может осуществляться в двух следующих направлениях: - формирование такого списка работ, для которого величина суммарного риска будет максимальной, а затраты будут равны имеющимся в наличии ресурсам (деньги, располагаемый бюджет рабочего времени); - выбор замены для откладываемой работы по ТО, при котором будет обеспечено минимальное приращение риска.

$$R_i = \frac{S_{\text{ипл}}}{S_{\text{пл}}} = Q_i * K$$

Формирование списка заканчивается достижением суммы объема плановых работ, равной имеющимся ресурсам.

$$Risk = (1 - P_{\text{пр}}) * \frac{C}{T_{\text{цикла}}}$$

Существует четыре основных способа ранжирования рисков:

- критичность вида отказа (Mode Criticality);
- условная величина риска (RPN – Risk Priority Number);
- ранг критичности (Criticality Rank);
- величина (уровень) риска (Risk Level)

Процесс управления рисками представляет собой итерационный процесс, включающий следующие основные элементы:

- идентификацию опасностей;
- выработку критерия приемлемого риска;
- частотный анализ;
- анализ последствий;

– выработку мероприятий по уменьшению риска.

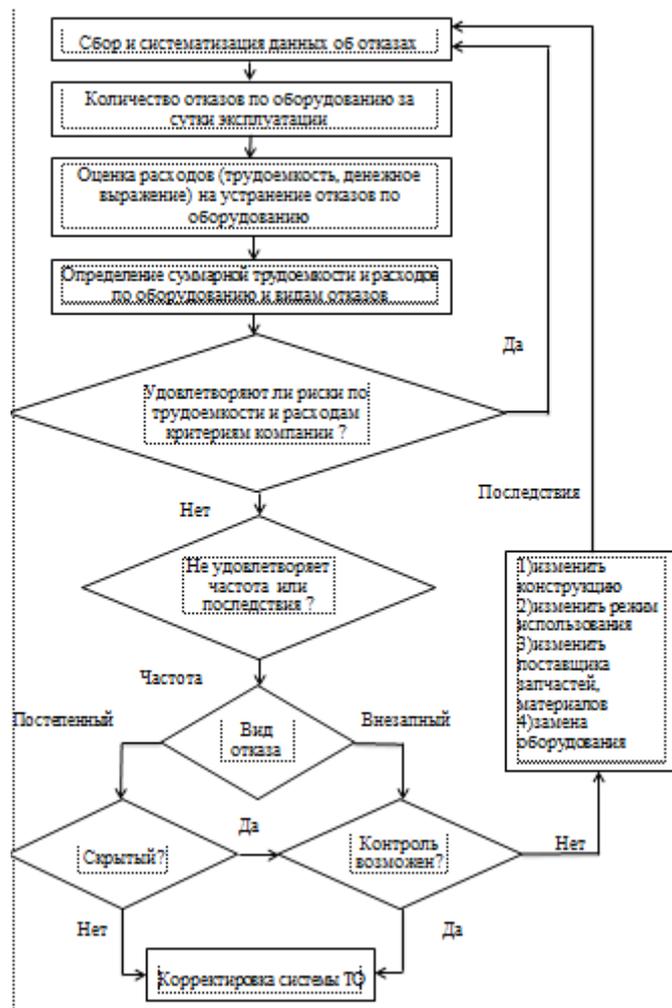


Рис.1 Алгоритм определения необходимости корректировки системы ТО на основе управления рисками



Рис.2. Модель идентификации и уменьшения рисков

В целях сохранения эксплуатационной надежности судна в пределах установленного срока эксплуатации должна быть скорректирована система ТО, в

сторону ужесточения прежде всего по тем агрегатам и системам, отказ которых приводит к отказу пропульсивной установки или к опасному ущербу, выраженному в последующих существенных затратах на проведение unplanned ТО или ремонта.



Рис.3. Принципиальная схема управления риском в системе ТО для СЭУ с остаточным ресурсом

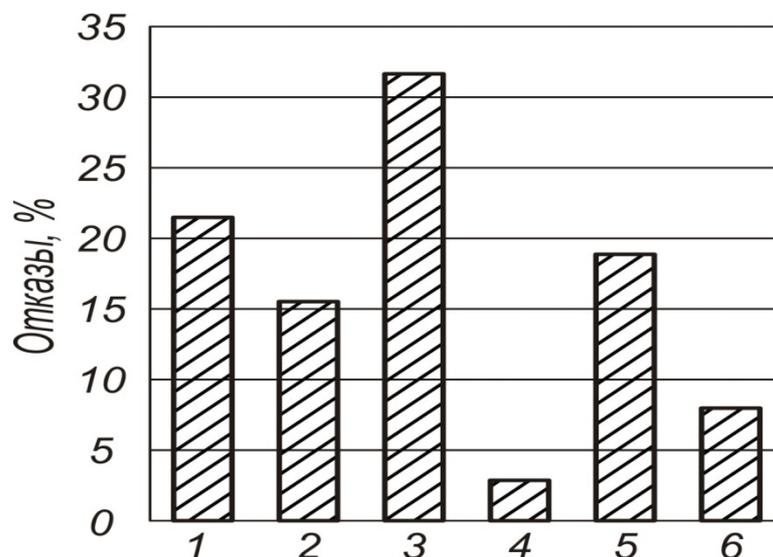


Рис. 4. Распределение основных отказов судовых дизелей за 15-летний эксплуатационный цикл %:

1 – кривошипно-шатунный механизм; 2 – цилиндро-поршневая группа; 3 – топливная система; 4 – газораспускная система; 5 – масляная система; 6 – система охлаждения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система освидетельствования компаний на соответствие требованиям Международного кодекса по управлению безопасностью (МКУБ). – СПб.: РМРС, 2003.
2. Никитин А.М. Управление технической эксплуатации морских судов: Учебник. – СПб.:Изд-во СПбГТУ, 2006.
3. Голиков А.А. Дмитриев М.Н. Совершенствование технической эксплуатации судовой энергетической установки посредством метода управления риском.// Судовые энергетические установки: Научно-технический сборник . 2005. № 12 Одесса ОНМА С 94-102

УДК 629.5.035-233.1 (001.5)

Веретенник А.М., Кардашев Д.Л., Аболешкин С.Е.
 Национальный университет «Одесская морская академия»

Акселерометрический метод исследования крутильных колебаний коленчатого вала дизеля

Крутильные колебания валопроводов относятся к тем опасным динамическим нагрузкам, которые могут приводить к повреждениям коленчатых валов, редукторов, муфт и других элементов силовых энергетических установок (СЭУ). Требования по обязательному расчетно-экспериментальному контролю над этим негативным явлением на судах находящихся в эксплуатации содержатся в правилах всех международных классификационных обществ [1,2].

Теоретический расчет и экспериментальные исследования проводились на установке на базе дизеля фирмы GMS серии "4-71":4-х-цилиндрового, двухтактного, мощностью 127 л.с. при 2000 об/мин.

Теоретический расчет. Многомассовая колебательная система моделируется как схема, состоящая из отдельных участков вала с независимыми друг от друга углами закрутки, то есть как система отдельно колеблющихся сосредоточенных масс с закрепленными жесткостями справа и слева от них [3,4]. Поэтому крутильную систему энергетической установки с двигателем внутреннего сгорания можно представить в виде эквивалентной схемы колебательно крутильной системы с n приведенными массами. При этом необходимо принять во внимание общие положения приведения масс и длин различных участков вала [3]. В таблице 1 представлены динамические характеристики валопровода установки.

Табл.1. Динамические характеристики валопровода

№	Наименование	Момент инерции, кг*м ²	Жесткость участка вала С, МНм/рад	Податливость участка вала $e \cdot 10^{-9}$, рад/Нм
1	Цилиндр №1	0,053	1,33	75,2
2	Цилиндр №2	0.039	1,33	75,2
3	Цилиндр №3	0.039	1,33	75,2
4	Цилиндр №4	0,053	1,16	86,2
5	Маховик	0,251	1,16	86,2
6	Редуктор 4,2:1	0,012	1,03	97,1
7	Инертная масса	0,15	∞	0

Собственные частоты и относительные амплитуды крутильных колебаний определялись численно путем решения задачи о нахождении собственных значений и собственных векторов характеристического уравнения.

Для данной упруго-массовой системы наиболее существенными являются безузловая (рис.1. а) и одноузловая формы колебаний (рис. 1. б).

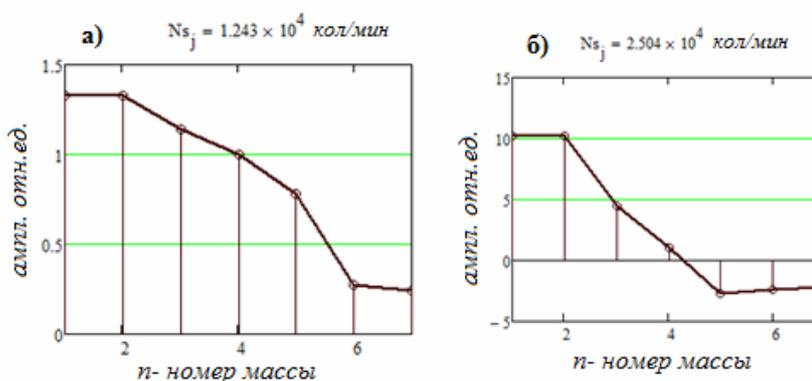


Рис.1. а) безузловая форма колебаний; б) одноузловая форма колебаний

Наиболее нагруженным является участок между четвертым цилиндром дизеля и маховиком при одноузловой форме колебаний.

Экспериментальные исследования. Способ измерения основан на измерении мгновенных значений углового ускорения вала акселерометрическим аналоговым методом с фиксацией измеряемых величин в реальном времени. При этом, источник питания, датчики-акселерометры, конструктивно объединенные в одном корпусе, сумматор, усилитель, модулятор и излучатель, размещаются на валу.

На рис.2 представлена блок-схема аналогового измерения мгновенного значения углового ускорения вала.

Пара акселерометров 1,2 с подобранными параметрами закрепляется на шайбе или бандаже друг напротив друг на одинаковом расстоянии для исключения влияния поля земного притяжения. Под действием касательного ускорения акселерометры генерируют аналоговые электрические сигналы по каждому каналу отдельно, которые суммируются в сумматоре 3, усиливаются в усилителе 4 и модулируют высокочастотный сигнал в модуляторе 5. Несущая частота частотно модулируемого сигнала выбирается в области свободной от помех с полосой пропускания от 1 Гц до 2 кГц. Полученный модулируемый сигнал излучается передатчиком 6 с антенной, которая имеет круговую диаграмму направленности. В приемном тракте сигнал демодулируется в демодуляторе 7 и отображается на экране двухканального осциллографа 8. Для удобства последующей обработки сигнала используется счетчик оборотов 9.

Сигналы счетчика выводятся на отдельный канал осциллографа. Чувствительность датчиков 135 мВ/г на радиусе 0,09 м.

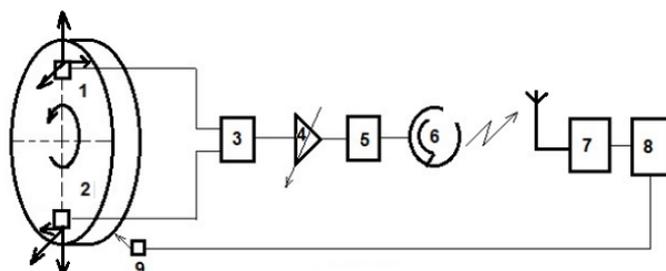


Рис.2. Блок-схема измерительного комплекса: 1,2 – акселерометры; 3 - сумматор сигналов акселерометров; 4 - операционный усилитель; 5 - УКХ ЧМ транзиттер для частотной модуляции низкочастотным сигналом с полосой пропускания 1 Гц - 2 кГц; 6 - УКВ излучающая антенна с круговой диаграммой направленности излучения для исключения модуляции ВЧ сигнала вращением вала; 7 - УКВ ЧМ демодулятор; 8 - регистрирующее устройство (двухканальный осциллограф); 9- счетчик числа оборотов.

Измерения углового ускорения производились на минимально устойчивой частоте вращения коленчатого вала (рис. 3) и на частоте 50% от номинальной (рис. 4). Слева на рисунках показаны осциллограммы, справа - Фурье-спектр сигналов.

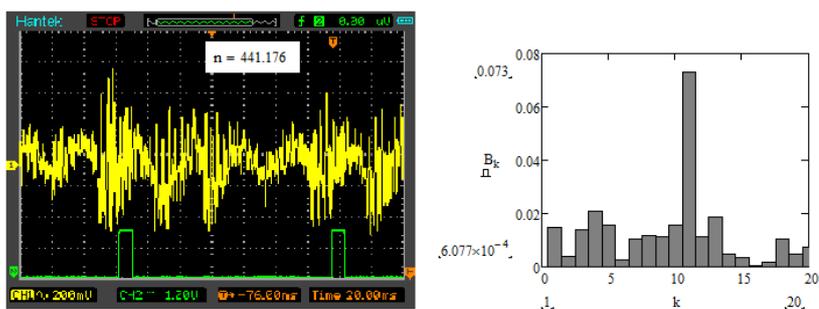


Рис. 3. Осциллограмма и Фурье-спектр (частота 441 об/мин).

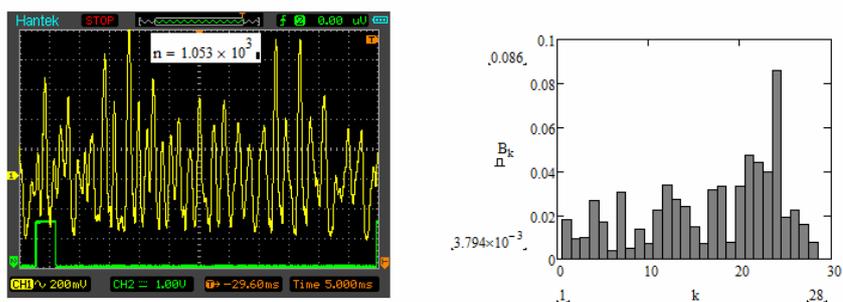


Рис. 4. Осциллограмма и Фурье-спектр (частота 1053 об/мин).

На минимальных оборотах существенными являются гармоники безузловой формы колебаний, на повышенных оборотах проявляются гармоники одноузловой формы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. International standard ISO 3046-5: Reciprocating internal combustion engines- Performance- Part 5: Torsional vibrations, 2001. - 10 p.
2. ГОСТ Р ИСО 3046-5—2004. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Характеристики. Часть 5. Крутильные колебания/М: Издательство стандартов, 2004.- 5с.
3. Терских В.П. Крутильные колебания валопровода силовых установок/ М:Судостроение. 1971, 300 с.
4. Ефремов Л.В. Теория и практика исследования крутильных колебаний силовых установок с применением компьютерных технологий /С-Пб: Наука, 2007.-275 с.

УДК 621.896

Заблоцкий Ю.В.

Национальный университет «Одесская морская академия»

Повышение надежности работы топливной аппаратуры высокого давления судовых дизелей

Безаварийная работа топливной аппаратуры при больших сроках ее службы между профилактиками является необходимым условием надежности дви-

гателя в целом. Известны три основные группы причин неисправностей: конструктивные, производственные и эксплуатационные.

Конструктивные и производственные причины выхода из строя топливной аппаратуры связаны с качеством материала, его обработки, контроля и сборки отдельных узлов. Эксплуатационные причины выхода из строя топливной аппаратуры обычно заключаются в плохом качестве очистки топлива, в низком уровне технической эксплуатации, в наличии больших вибраций двигателя.

Таким образом, тяжелые условия работы топливной аппаратуры выдвигают повышенные требования как к триботехническим характеристикам самих прецизионных пар, так и топлив, используемых в судовых дизелях [1].

Для подтверждения этого на судовом дизеле S6A2 фирмы «Mitsubishi» проводились испытания топлив с различными триботехническими свойствами. За базовую триботехническую характеристику принимался условный коэффициент трения $f_{тр}$, который обеспечивает топливо в паре трения плунжер-втулка. Его значение предварительно определялось на специальной триботехнической установке [2]. В качестве эксплуатационных характеристик определялись температура газов перед газотурбокомпрессором и максимальное давление сгорания, которые измерялись с помощью штатных средств диагностики. Эти параметры относятся к основным, по которым происходит регулирование рабочего процесса дизеля и определение рассогласования нагрузки по цилиндрам.

Исследования проводились для разных сортов судового топлива: маловязкого MDO, средневязкого IFO 180 и IFO 180-LS, тяжелого IFO 380 и IFO 380-LS. Результаты исследований приведены в таблице 1 и свидетельствуют о следующем.

Табл. 1. Результаты исследований триботехнических характеристик топлив и эксплуатационных свойств судового малооборотного дизеля

Марка топлива	Коэффициент трения, $f_{тр}$, усл. единицы	Средняя температура газов перед ГТН, $t_{ср}$, °С	Максимальное отклонение температуры газов перед ГТН от среднего значения, %	Максимальное давление сгорания, p_z , МПа	Отклонение максимального давления сгорания от среднего значения, %
MDO	1,0	372	2,15	10,1	1,15
IFO 180-LS	1,08	376	2,81	10,1	1,22
IFO 180	1,12	381	3,27	10,15	1,43
IFO 380-LS	1,23	385	3,42	10,15	1,85
IFO 380	1,37	388	3,86	10,2	2,1

Из приведенных данных можно сделать вывод о существовании взаимосвязи между триботехническими характеристиками топлив и эксплуатационными параметрами судового дизеля. Качественно она может быть оценена корреляционной зависимостью удельного эффективного расхода топлива be от коэффициента трения $f_{тр}$.

Одним из традиционных методов снижения сил трения и изнашивания на сегодняшний день является использование различных пленкообразующих легирующих компонентов, вводимых в состав смазочных материалов в виде присадок. Эти присадки в процессе работы сопряжения образуют на поверхностях трения малопрочные адсорбированные слои высокомолекулярных веществ, либо более прочные хемосорбированные слои соединений серы, хлора, фосфора и т.д. Особую группу занимают так называемые металлоплакирующие присадки, формирующие на трущихся поверхностях пленки мягких металлов, имеющие также экранную функцию, но более прочную.

Одним из направлений повышения работоспособности узлов трения является использование ультрадисперсных порошков мягких металлов и сплавов в смазочных маслах. Наибольшее распространение получили порошки меди, медных сплавов и солей меди, которые вводятся в смазочный материал.

В зависимости от режима, для нормальной работы сопряжения в условиях внешнего трения необходимо различное модифицирование поверхности. В условиях легких режимов достаточно иметь адсорбированный квазиполимерный одно-многомолекулярный слой по возможности длинных полярных молекул. Жесткие режимы требуют наличие более прочных слоев, хотя и имеющих большее сопротивление сдвигу.

Таким образом, прочность и тип защитных слоев, а, следовательно, и тип присадки, должен соответствовать режиму трения. Ситуация осложняется тем, что распределение высот микронеровностей поверхностей имеет сложный стохастический характер, при этом, в одной паре будут иметь место легко- и тяжело нагруженные микроконтакты.

Данная задача может быть решена созданием на поверхности многослойной структуры третьего тела, расположив слои таким образом, чтобы прочность возрастала при приближении к основному материалу поверхности. Когда при возможном разрушении верхних слоев, в работу вступают низлежащие слои – более прочные [3].

Обеспечение данной задачи может быть решено за счет использования в качестве специальных покрытий эпиламов, которые представляют собой многокомпонентные системы, включающие фторорганические поверхностно-активные вещества в различных растворителях и регулирующие добавки. Метод эпиламирования, примененный для пары плунжер – втулка топливного насоса высокого давления (ТНВД), 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.

Одним из важнейших преимуществ эпиламирования является то, что оно не меняет структуру обрабатываемой твердой поверхности, а лишь модифицирует ее, придавая поверхности антифрикционные, антиадгезионные, защитные и другие полезные свойства. Практически неизменными остаются и геометри-

ческие размеры обрабатываемых деталей – толщина защитного слоя составляет примерно $40 \dots 80 \text{ \AA}$ ($40 \dots 80 \times 10^{-8} \text{ см}$).

Механика взаимодействия эпиламов с поверхностью твердого тела выглядит следующим образом: при эпиламировании формируется слой ориентированных молекул, радикально меняющих энергетические воздействия поверхности твердого тела. Молекулы, закрепляемые за счет сил хемосорбции, образуют структуры Ленгмюра в виде спиралей с нормально направленными к поверхности материала осями [4].

Частным видом коррозионного износа является окислительный, представляющий собой процесс образования на поверхности деталей пленки окислов вследствие адсорбции кислорода, растворенного в топливе. В процессе трения окисные пленки разрушаются и создают продукты износа, состоящие из окислов металла. Этот вид износа наблюдается обычно в условиях граничного трения (что характерно для топливной аппаратуры), когда происходит местный контакт поверхностей, сопровождающийся пластической деформацией и насыщением поверхностных слоев металла кислородом, растворенным в топливе. По мере возрастания толщины окисных пленок последние становятся хрупкими и от внутренних напряжений, а также под действием гидравлических ударов струй топлива, происходит их разрушение, при этом обнажаются нижележащие участки поверхности металла и процесс разрушения повторяется. Применение эпиламирования поверхностей трения топливной аппаратуры высокого давления способствует упрочнению окисных пленок и позволяет снизить вероятность их непосредственного контакта.

С целью подтверждения данного высказывания производилось определение износа поверхностей плунжера ТНВД двух однотипных дизелей S6A2 фирмы «Mitsubishi». При этом плунжера одного из дизелей подвергались эпиламированию.

Оценка износа поверхности плунжера ТНВД выполнялась путем определения площади пятен видимого износа SIh. Для этого в интервале работы дизелей, позволяющим их кратковременный вывод из эксплуатации и равном 220, 410, 640, 830 и 1060 часов, проводился демонтаж плунжеров из двух крайних топливных насосов (обеспечивающих работу 1-го и 6-го цилиндра). После этого в судовой лаборатории с помощью микроскопических исследований выполнялось определение величины SIh. Динамика износа прецизионной пары плунжер–втулка топливного насоса высокого давления показана на рис. 1.

Приведенные результаты подтверждают возможность повышения надежности работы ТНВД судовых дизелей за счет оптимизации триботехнических характеристик их поверхностей, которая может быть обеспечена путем эпиламирования пары плунжер–втулка.

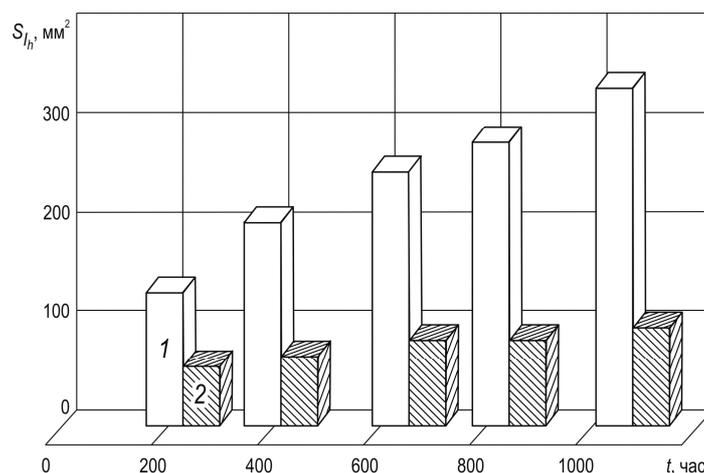


Рис. 1. Изменение износа плунжера ТНВД судового дизеля S6A2 фирмы «Mitsubishi»: 1 – обычное состояние плунжера; 2 – плунжер с эпиламинированием поверхности

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васькевич Ф.А. Повышение эффективности эксплуатации дизелей методами регулирования и диагностики топливной аппаратуры. – Новороссийск: МГА, 2009. – 174 с.
2. Мацкевич Д.В., Заблоцкий Ю.В. Определение смазочной способности дизельных топлив // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. – 2011. – № 28. – Одесса: ОНМА. – С. 145–153.
- 3 Гаркунов Д.Н. Научные открытия в триботехнике. Эффект безызносности. Водородное изнашивание металлов: учебник. – М.: МСХА, 2004. – 384 с.
4. Сагин С.В. Триботехнические процессы, происходящие в топливной аппаратуре высокого давления судовых дизелей // Проблемы техники: науково-виробничий журнал. – 2013.– № 2. – С.33–42.

УДК 621.436.013.43.038:629.5

Maidanik I. V., Polovinka E. M.

NATIONAL UNIVERSITY «ODESSA MARITIME ACADEMY»

Fuel injection process in modern marine engines

1. Introduction

This report will discuss MAN B&W's development of computer controlled low speed crosshead engines and the application prospects for 'Intelligent Engines', as it led to a significant modification of fuel injection system. During process of developing principally new type of engine constructors faced and solved several number of tasks, especially concerning process of injection itself. This design concept has been chosen in order to maximize reliability and functionality – after all, the fuel injection system is the heart of the engine, and its performance is crucial for fuel economy, emissions and general engine performance.

In IE concept the developed Condition Monitoring and Evaluation System is an online system with automatic sampling of all “normal” engine performance data,

supplemented by cylinder pressure measurements. When the data-evaluation system indicates normal running conditions, the system will not interfere with the normal pre-determined optimal operating modes. However, if the analysis shows that the engine is in a unsatisfactory condition, general countermeasures will be initiated for the engine as a unit. For instance, if the exhaust gas temperature is too high, fuel injection may be retarded and/or the exhaust valves may be opened earlier, giving more energy to the turbocharger, thus increasing the amount of air and reducing the exhaust gas temperature.

1.1 General description

The principle layout of the system, replaced the camshaft system of the conventional engine. The system comprises an engine-driven high-pressure servo oil system, which provides the power for the hydraulically operated fuel injection and exhaust valve actuation units on each cylinder. Before the engine is started, the hydraulic power system is pressurized by means of a small electrically driven high-pressure pump. Engine-driven multi-piston pumps supply high-pressure lube oil to provide

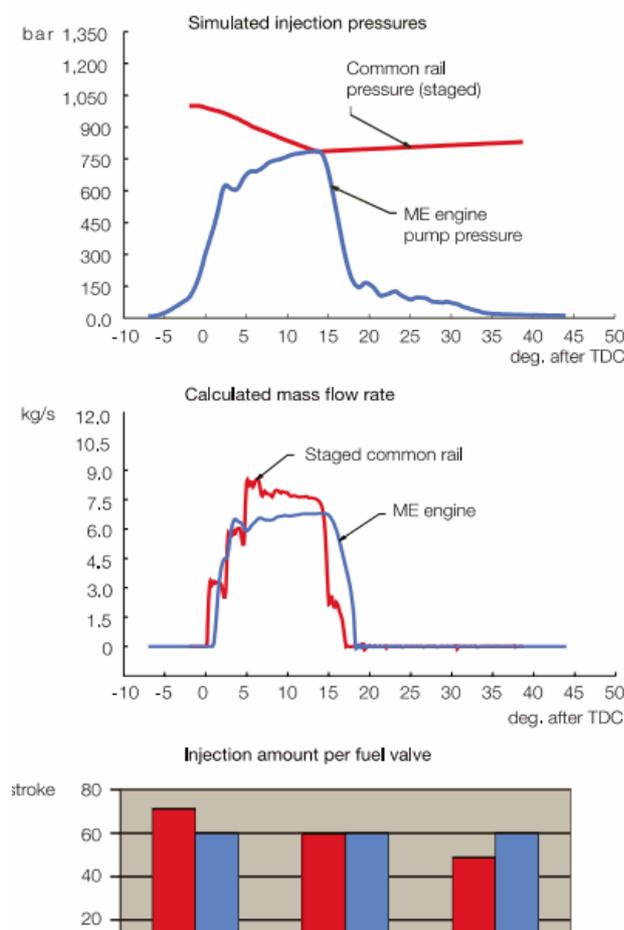


Fig. 1: Comparison between the fuel injection characteristics of the ME engine and a Staged Common Rail system in terms of injection pressure, mass flow rate and flow distribution

engines, the optimum injection duration is around 18-20 degrees crank angle at full load, and the max. firing pressure is reached in the second half of that period. In order to obtain the best thermal efficiency, fuel to be injected after reaching the max. firing pressure must be injected (and burnt) as quickly as possible in order to obtain

the necessary power for fuel injection and exhaust valve actuation and thus replace the camshaft power-wise.

1.2 Fuel injection system, design features

A common rail servo oil system using pressurized cool, clean lube oil as the working medium drives the fuel injection pump. Each cylinder unit is provided with a servo oil accumulator to ensure sufficiently fast delivery of servo oil in accordance with the requirements of the injection system and in order to avoid heavy pressure oscillations in the servo oil pipe system. The movement of the plunger is controlled by a fast-acting proportional control valve (a so-called NC valve), which is, in turn, controlled by an electric motor that gets its control input from the cylinder control unit.

Fuel injection system, rate shaping capability. The optimum combustion requires an optimized fuel injection pattern which is generated by the fuel injection cam shape in a conventional engine. For modern engines,

the highest expansion ratio for that part of the heat released. From this it can be deduced that the optimum ‘rate shaping’ of the fuel injection is one showing increasing injection rate towards the end of injection, thus supplying the remaining fuel as quickly as possible. This has been proven over many years of fuel injection system development for two-stroke marine diesel engines, and the contemporary camshaft is designed accordingly. The fuel injection system for the Intelligent Engine is designed to do the same but in contrast to the cam-shaft-based injection system, the IE system can be optimized at a large number of load conditions.

Common Rail injection systems with on/off control valves became standard in many modern diesel engines. Such systems are relatively simple and provide larger flexibility than the contemporary camshaft based injection systems. Such systems are applied for controlling the high-pressure gas-injection in the dual-fuel version of MC engines, where the common rail system provides the necessary flexibility to allow for varying HFO/gas-ratios.

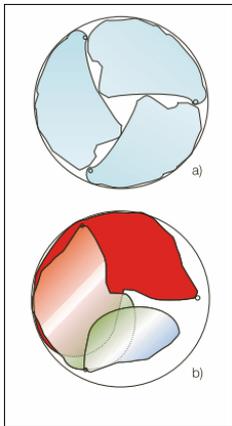


Fig. 2: Fuel spray distribution in the combustion chamber

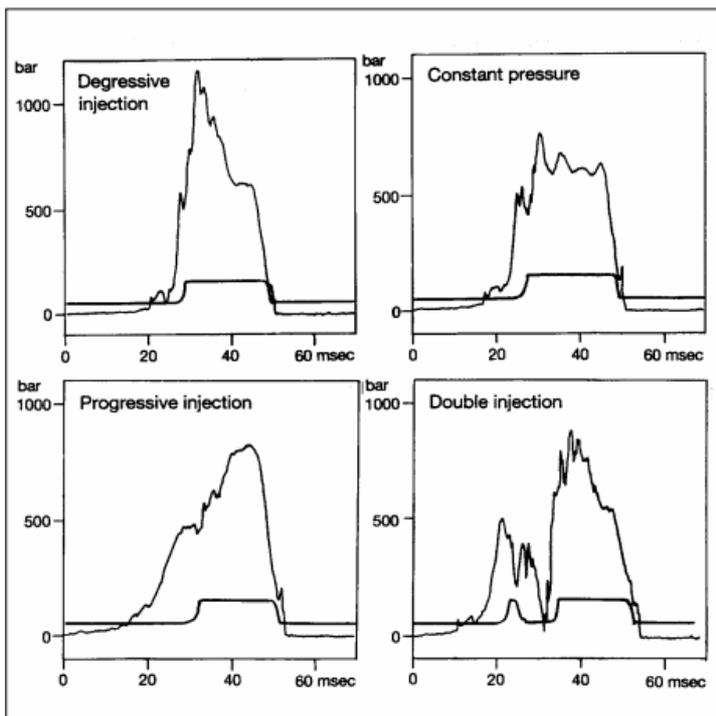
However, by nature the common rail system provides another rate shaping than what is optimum for the engine combustion process. The pressure in the rail will be at the set-pressure at the start of injection and will decrease during injection because the flow out of the rail is much faster than the supply of fuel into the rail.

As an example, an 8-cylinder engine will have a total ‘injection duration’ per engine revolution of 160 deg. CA (8 x 20 degrees CA) during which the injectors supply the same mass flow as the high-pressure supply pumps do during 360 deg. CA. Thus, the out-flow during injection is some $360/160 = 2.25$ times the inflow during the same period of time. Consequently, the rail pressure must drop during injection,

which is the opposite of the optimum rate shape. To counteract this, it has been proposed to use ‘Staged Common Rail’ whereby the fuel flow during the initial injection period is reduced by opening the fuel valves one by one.

The Rate Shaping is illustrated in Fig. 1. This shows the injection pressure, the mass flow and the total mass injected for each fuel valve. As can be seen, the Staged Common Rail system supplies a significantly different injection amount to each of the three fuel valves.

Fig. 3: Four examples of fuel injection pressures



Though the Staged Common Rail system will provide a fuel injection rate close to the optimum injection rate, combustion will not be optimal because the fuel is very unevenly distributed in the combustion chamber. The valve opening first will inject the largest amount of fuel and this will penetrate too much and reach the next fuel valve nozzle.

Experience from older engine types indicates that this may cause a hot corrosion of the nozzle tip. The uneven fuel injection amount means that there will be insufficient air for the fuel from the first nozzle, the correct amount for the next and too much air for the third fuel valve. The average may be correct but the result cannot be optimal for thermal efficiency and emissions.

Some examples of the capability of the fuel injection system are shown in Fig. 3. Tests on the research engine with such patterns have confirmed that the 'progressive injection type' is superior in terms of fuel consumption. The 'double injection' type gives slightly higher fuel consumption, but some 20% lower NO_x emission – with a very attractive trade-off between NO_x reduction and SFOC increase.

1.3 Advantages of the Intelligent Engine Concept

The electronic control of the fuel injection system and the exhaust valve operation means a number of advantages that are briefly listed below.

Reduced fuel consumption:

- fuel injection characteristics can be optimized at many different load conditions whereas a conventional engine is optimized for the guarantee load, typically at 90-100% MCR
- constant p_{max} in the upper load range can be achieved by a combination of fuel injection timing and variation of the compression ratio (the latter by varying the closing of the exhaust valve). As a result, the max. pressure can be kept constant over a wider load range without overloading the engine, leading to significant SFOC reductions at part load.

Flexibility regarding exhaust gas emissions:

- the engine can change over to various 'low emission modes' where its NO_x exhaust emission can be reduced below the IMO limits if desirable due to 'local' emission regulations
- by suitable selection of operating modes, the vessels may sail with lower exhaust gas emission within 'special areas' where this may be required without having negative effects on the SFC outside such special areas.

The world's first Intelligent Engine in service as the main propulsion engine for a merchant vessel is the 6L60MC of the chemical product carrier M/T Bow Cecil, which was delivered in October 1998 Yard in Norway.

The mechanical/ hydraulic components of the IE systems were fitted to the engine during its installation in the vessel at the yard. These systems are installed on the upper platform of the engine, in parallel with the conventional camshaft. With this set-up, it was possible to change over completely from the conventional system to the IE system, or vice versa, within some three hours.

2. References

- [1] P. Sunn Pedersen: "Development Towards the Intelligent Engine", 16th International Marine Propulsion Conference, London 10-11 March 1994, Proceed-

ings pp 77-88

- [2] P.Sørensen & P.Sunn Pedersen: "The Intelligent Engine and Electronic Products -A Development Status".Proceedings of the 22nd CIMAC International Congress on Combustion Engines, Copenhagen 18-21 May 1998, pp 551-564
- [3] Utilisation of VOC in Shuttle Tankers', MAN B&W Diesel A/S, company publication P.342-98.11, 1998 (25 pages)
- [4] P. Sunn Pedersen & P. Sørensen: 'Computer Controlled System for two-stroke Machinery (A Progress Report)'. 22nd Marine Propulsion Conference, Amsterdam 29-30 March 2000. Conference Proceed-ings, pp 17-33.

UDK621.431

Polovinka E.M.

NATIONAL UNIVERSITY «ODESSA MARITIME ACADEMY»

Service Experience of MAN B&W Two-stroke Engines

Introduction

This paper gives a service experience of MAN B&W two-stroke engines in both the electronically as well as the mechanically controlled versions.

Updates on achievements in relation to ME [1,2] engines are given, and new challenges for the so-called Dot 2 version of the Tier II engines are touched on. Low-load operation is still a hot topic and an update in this relation is included. Fuel injection equipment and combustion chamber issues are also dealt with. Furthermore, the new standard equipment, PMI autotuning, for automatic balancing and tuning of ME engines is introduced.

New ME-ECS software to handle Dot 2 engines

There was one case of cylinder cover lift on S90MEC9.2 engine series. The cover lift was caused by untimed exhaust valve closing, see Fig. 1. The engines with two-stroke Miller timing, this situation may cause excessive compression pressures at high loads (in this case 110% load on the test bed) leading to cylinder cover lift. Two-stroke Miller timing consists of high scavenge air pressure, late closing of exhaust valve and small compression volume. In order to limit the occurrence of this extremely rare event even further, a so-called window function was introduced in the ME/ME-C control system.

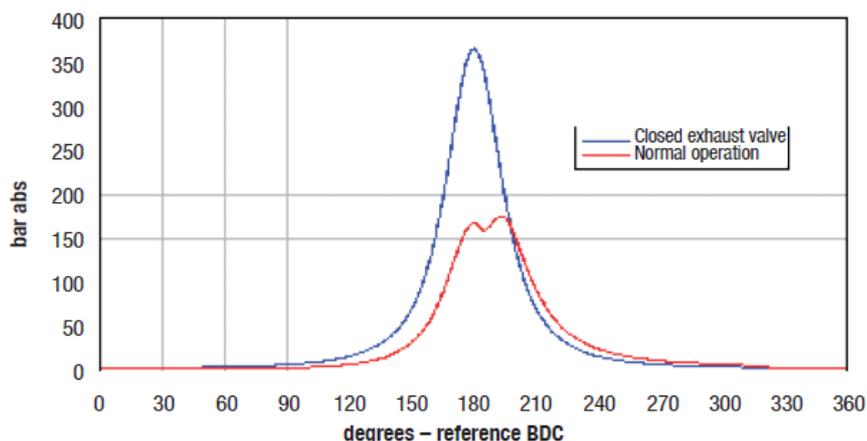


Fig. 1. 12S90ME-C9.2 running at 110% load

The additional reason for cylinder cover lifts (excessive compression pressure due to malfunction of an exhaust valve) has resulted in work on a modified control strategy in case of malfunction of an exhaust valve. This strategy involves modified software as well as minor modified exhaust valve hardware.

These modifications have solved the problem.

New injection profile for 300-bar actuated engines

On 300-bar hydraulic pressure ME engines, MAN B&W has experienced cases of malfunction of the fuel injectors. This matter has been cured by introducing softer closing profiles for fuel injection, see Fig. 2. Needle landing speeds have typically been reduced from above 4 m/s to below 2.5 m/s. The range of needle landing speeds below 2.5 m/s is a well-known range on our MC/MC-C engine types.

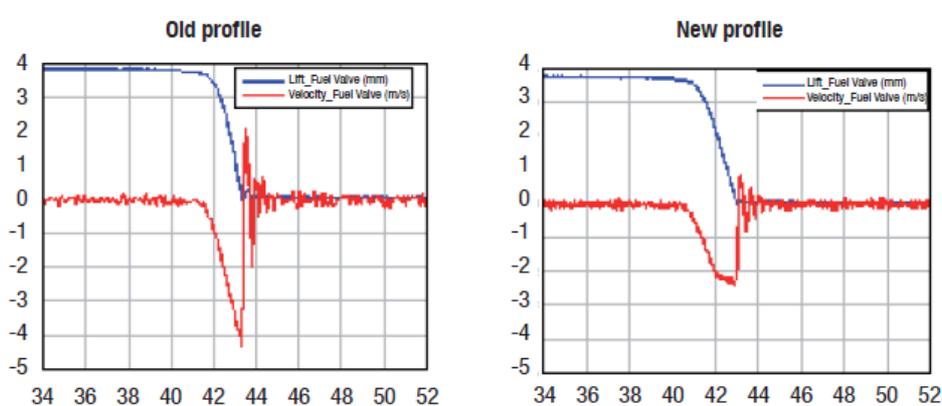


Fig. 2. Fuel valve needle landing speeds

Low-load Operation

Since the start of the worldwide financial crisis in the autumn 2008, lowload operation, or slow steaming, has become the standard operation mode for many owners operating MAN B&W two-stroke engines. Soon after it became normal to operate at extremely low loads, the request to optimise running at low load surfaced.

This can be supported in two ways on MAN B&W two-stroke engines:

1. increase the scavenge air pressure at low and part loads;
2. reduce the cylinder oil feed rate at low load.

Most elegantly, this is supported on the electro-hydraulically controlled ME engines. The ME engine control system (ECS) is designed to control variable turbine area (VTA) turbochargers, exhaust gas bypasses (EGBs) and flexible turbocharger cut-out systems.

For engines in service, the flexible turbocharger cut-out system with control of so-called swing gate valves has become a retrofit solution applied in many cases on engines with 2, 3 or 4 turbochargers.

Today, optimisation of the cylinder oil feed rate is also requested for extreme low-load operation in the load range from 25% and down to 10%. Several engines have been tested with running load proportional lubrication reduction of the cylinder oil feed rate all the way down to 10% load with very good results. In this way, it is possible to save half the cylinder oil at loads in the range of 10-15%.

For ME engines, this changed adjustment can be accomplished simply by making parameter changes in the ME ECS software. For mechanical engines with Alpha Lubricators, a rebuild of the lubricators is required.

As for low load operation in general, a few issues listed below should be taken into consideration:

- K98 crosshead bearings when running in T/C cut-out mode
- cylinder liner cold corrosion when running in T/C cut-out mode, especially when one out of two T/Cs cuts out
- exhaust valve burn away on spindle lower face.

K98 crosshead bearings in T/C cutout mode

MAN-B&W have gained experience from around three years of operation on K98 engines optimised for low-load by means of turbocharger cut-out, either by permanent installation of blind flanges to cut-out one turbocharger or by installation of flexible swing-gate cut-out valves. Due to the changed balance between inertia forces and gas forces, they will get an increased load on the crosshead bearing shells in T/C cut-out mode with the increased gas pressures at low rpm. On the K98 engine, this has resulted in minor slow-developing fatigue damage on the central pad in the lower crosshead bearing shell, see Fig. 3.

Modified designs of crosshead bearing shells with increased circumferential distance between the axial oil grooves are currently being tested in service. Larger oil film thicknesses as well as lower oil film pressures have been for them calculated.

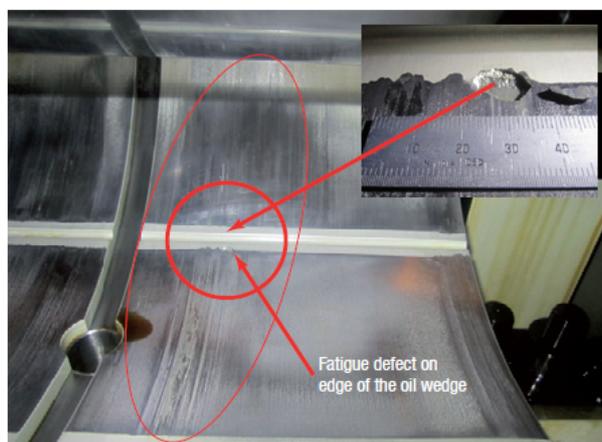


Fig. 3. K98 crosshead bearings and T/C cut-out

MAN-B&W definitely advises owners to continue low-load operation with T/C cut-out despite of the cases of minor fatigue damage on the crosshead bearing shells. A 12K98 engine operating, on average, at 40% load will save approx. 1,000,000 USD/year by using T/C cutout. This saving is so significant that MAN-B&W continues recommending the use of the T/C cut-out mode. However, it is important to note that normal inspection for white metal in the crankcase should still be carefully observed. To supplement normal inspections, it has developed a method to do additional inspections by endoscopic method.

Cylinder liner cold corrosion in T/C cut-out mode

There were, in a few cases, seen excessive cold corrosion in the top of cylinder liners when operating at low load in T/C cut-out mode. This has been seen especially in cases where one of two T/Cs has been cut out. In such a case, a very large scavenge air pressure increase is obtained at low load, resulting in rather high pressures and low temperature exposure for the cylinder liner top.

As a countermeasure, the jacket cooling water bypass was introduced.

Exhaust valve burn away at low load

For some engine types, low load operation means an increase in the exhaust valve temperature in the 30-45% load range. In this load range, just above cutting-in of the auxiliary blowers, exhaust valve spindle temperatures are known to be rather high. This increase in the exhaust valve spindle temperature may reduce the time between overhaul for the exhaust valve spindle and, since overhaul (rewelding) is recommended up to two times only, this will also reduce the lifetime of the exhaust valve spindles.

In this case, earlier inspection of the exhaust valve could have made reconditioning possible.

Cylinder Liner Cold Corrosion

Recently, an increased number have been seen of cases of cold corrosion attacks in cylinder liners on the newer generation of engines. Cylinder liner wear is normal in one direction (forward-aftward) and excessive in the other direction (exhaust-manoeuving). The reason for these cases varies from uneven temperature distribution in circumferential direction in the top of the liner to various combinations of low-load operation and new engine tuning methods increasing the pressures in the combustion chamber at low load.

By inserting insulated cooling pipes in the cooling bores in exhaust-manoeuving direction, the temperature can be increased on the liner surface in this direction without changing the situation in forward-aftward direction.

PMI Autotuning

PMI systems for the MC/ME engines have been developed over a number of years. So-called offline versions where pressure sensors are shifted from cylinder to cylinder have been developed and applied on many engines over the years. Online versions with pressure sensors permanently installed in each cylinder cover have also been widely applied.

In 2012, MAN Diesel & Turbo decided to make the newest online system versions standard on all large bore ME/ ME-C engine types from 80 bore and up. The newest online version is called PMI autotuning and, in addition to continuously taking online pressure measurements for each cylinder, the system also offers the possibility of automatically tuning the engine to optimal combustion parameters.

The benefit of applying PMI autotuning is illustrated in Fig. 4. An average increase of the max. pressure of 1 bar will result in a saving in the specific fuel oil consumption (SFOC) of 0.20-0.25 g/kWh. Furthermore, balancing of the compression pressures and the mean pressure will be beneficial to both fuel oil consumption and overhaul intervals for various components.

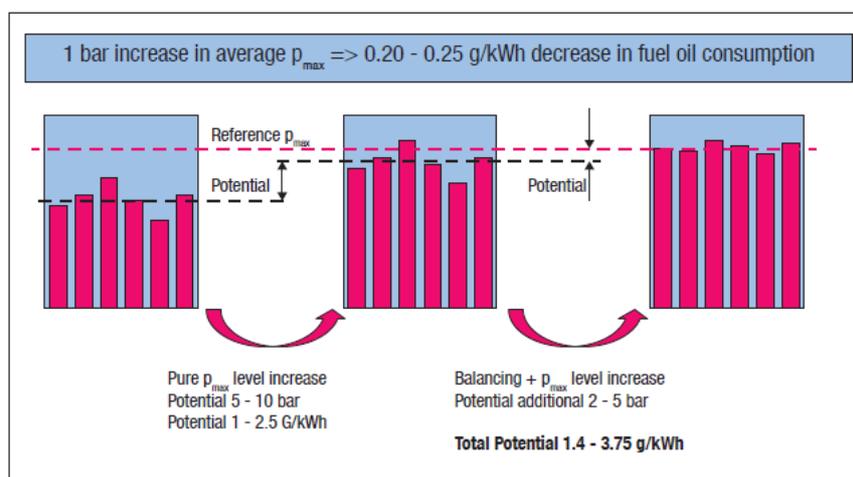


Fig. 4. PMI autotuning: potential fuel reduction

Conclusion

An update on service experience has been given. Today, MAN B&W two-stroke engines in the electronically controlled versions, the ME engines, account for a very large part of the engines ordered. The reliability both electronic and hydraulic components has improved significantly. However, it is also important to mention that the classical topics for two-stroke engines, such as cylinder condition, bearing performance, fuel equipment reliability, still needs attention in order to safeguard the continued success of the MAN B&W two-stroke brand.

The worldwide situation in shipping continues to put focus on extreme low-load operation. Service experience from low-load operation with MAN B&W two-stroke engines has generally been very positive.

References

1. ME Engines – the New Generation of Diesel Engines p412-0503.- 21 pgs - <http://www.google.ru/url?sa=http%2Fp412-0503.pdf>
2. Service Experience Two-stroke Engines .-MAN Diesel & Turbo/5510-0143-00ppr,2013.-32 pgs- <http://marengine.com/marlibrary#accidents>

УДК 621.436.068.4:629.5

Chichko K.A., Polovinka E. M.
National University «Odessa Maritime Academy»

Improvement ecological characteristics of Marine Diesel Engines SCR

The SCR system is best suited for steady high-load conditions, i.e. SCR is less suited for low load operation and manoeuvring in costal and harbour areas. The sensitivity of the chemistry between cylinder and fuel oil also shows limitations for marine operation.

This is further emphasised by the need to fit the SCR reactor BEFORE the turbocharger due to the required temperature regime.

Marine experience and challenges with SCR

SCR is the method for NO_x reduction on diesel engines today that can give the largest reductions. As already mentioned, practically all NO_x can be removed. However, some complications and limitations make it more difficult to apply SCR on marine vessels in service. This makes it unfeasible to remove more than 90-95% NO_x due to the risk of ammonia slip. If we compare the SCR installation on new ships to a retrofitted SCR system, it becomes obvious that it is far more complicated to retrofit the installation than to integrate SCR as the ship is being built. First of all, to find the required space for the catalyst, piping, support, auxiliary equipment, and NO_x, O₂, and NH₃ measuring devices is a challenge, but more easily solved on new ships. The SCR system layout is illustrated in Fig. 7.

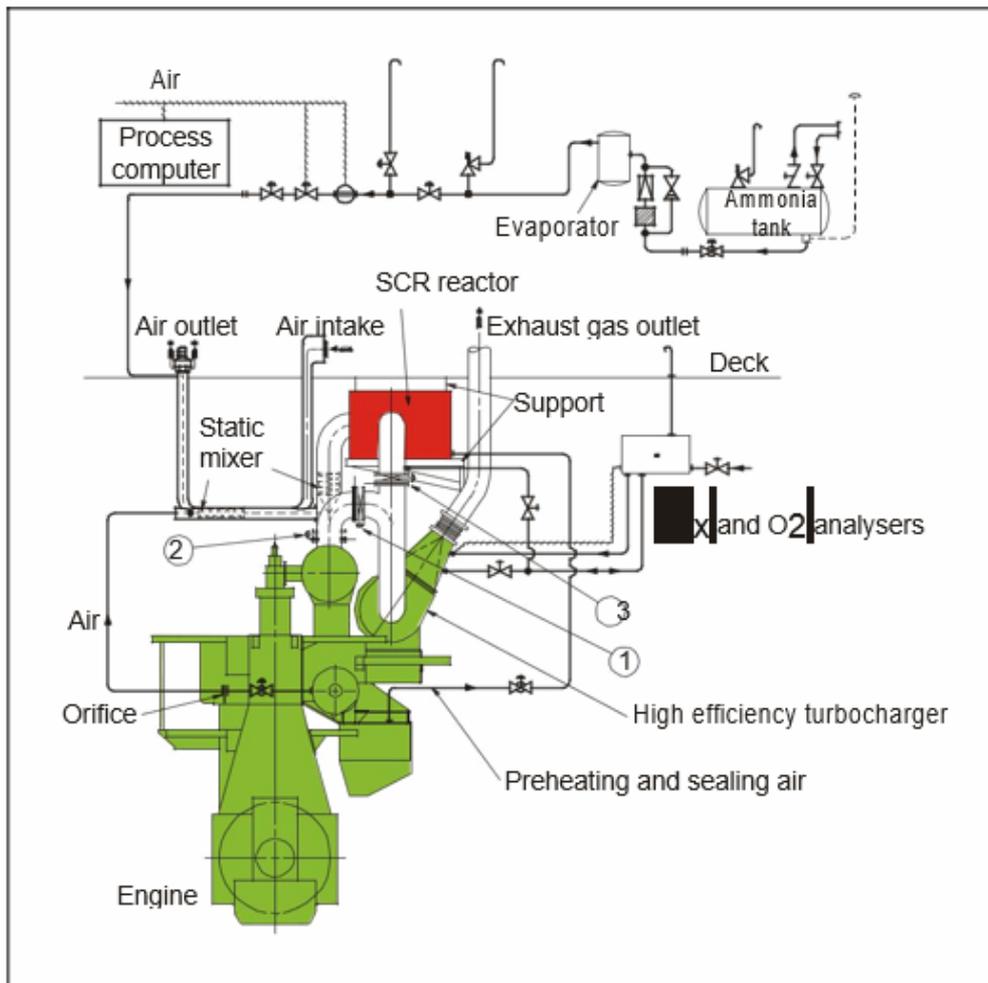
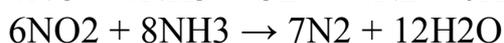


Fig. 7: SCR system layout

Working principle

With the SCR technique, the exhaust gas is mixed with ammonia NH₃ or urea (as NH₃ carrier) before passing through a layer of a special catalyst at a temperature between 300 and 400°C, whereby NO_x is reduced to N₂ and H₂O.

The reactions are, in principle, the following (see Fig. 8):



NO_x reduction by means of SCR can only be carried out in this specific temperature window:

If the temperature is too high, NH₃ will burn rather than react with the NO/NO₂.

If the temperature is too low, the reaction rate will also be too low, and condensation of ammonium sulphates will destroy the catalyst.

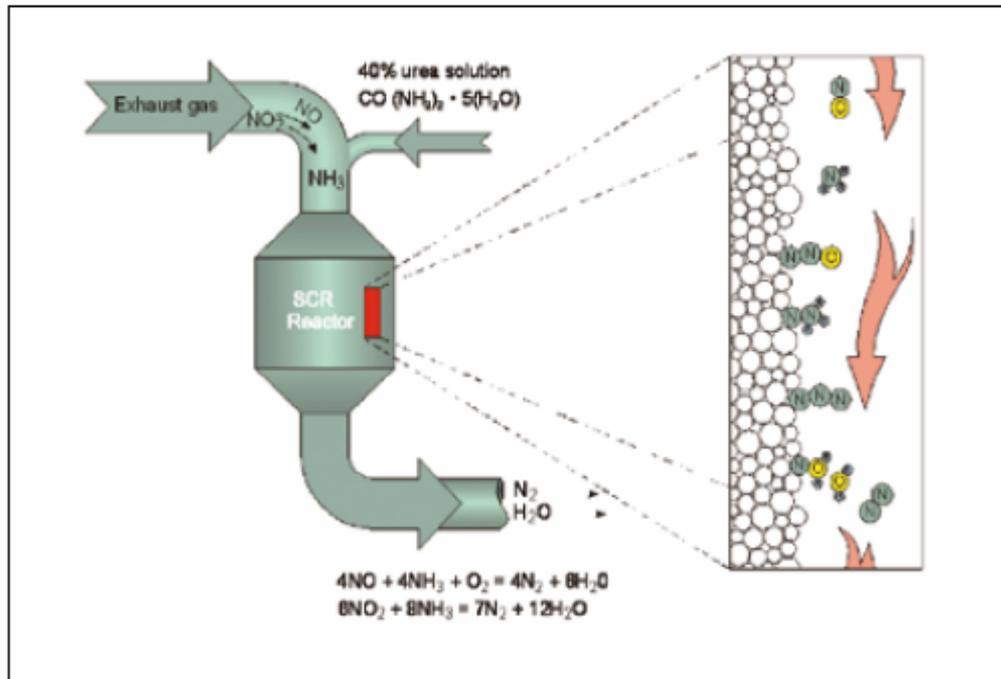


Fig. 8: Selective Catalytic Reduction (SCR) process

The design of the SCR catalyst is based on the sulphur content, temperature limits, expected dust content from the composition of the exhaust gas and the permissible pressure drops across the SCR reactor.

Consequently, the SCR system will stop working within hours. To keep the temperature within the limits, the SCR catalyst must be located between the exhaust gas receiver and the turbocharger, so that the SCR catalyst can sustain the pressure at the turbocharger inlet. Thanks to a high pressure at the inlet the SCR can be reduced in size compared to catalysts on some medium and high speed engines, where the SCR unit is located in the exhaust gas funnel.

A process computer controls the amount of NH₃ or urea injected into the exhaust gas. The correspondence between NO_x and the engine load is measured on the engine testbed.

Based on the results from the testbed, the process computer calculates and controls the NH₃ feed rate. The ammonia dosage is subsequently adjusted by a feedback system based on the measured NO_x outlet signal.

When engine exhaust gas is released from the exhaust gas receiver, urea or ammonia is supplied to the pipeline via double-wall piping into a mixer. The engine exhaust gas is mixed with the agent and led into the turbocharger in the turbine side.

To compensate for the pressure loss across the SCR system, high-efficiency turbochargers and high performing auxiliary blowers are mandatory. Due to the ammonia/urea heat release in the SCR process, the exhaust gas temperature from the tur-

bocharger is slightly higher than the exhaust gas temperature in engines without SCR.

Otherwise, engines with and without SCR show the same performance and heat balance, and so they produce similar service results as regards safety, reliability and availability. The SCR process is feasible on two-stroke diesel engines with only minor impact on the engine performance, but with restrictions on the engine load, sulphur content, cylinder lube oil, and excess of ammonia (or urea).

The number of SCR systems installed on two-stroke diesel engines is still limited. Therefore, today an SCR system is specially designed for each main engine. Retrofitting is complicated and not recommendable if the vessel has not been prepared for later SCR installation.

To avoid chemical compositions blocking the SCR, the sulphur content in the fuel oil used on engines with SCR is important as is, in particular, the lower exhaust gas temperature limit at the inlet engine.

Furthermore, some SO_x will be converted to SO₃ in the SCR catalyst and thus create visible smoke.

Calcium from the cylinder lube oil can have an impact, so an excessive cylinder feed rate causing CaSO₄ should be avoided.

When installing the SCR catalyst, it is important to compensate the exhaust pipe and the component support for vibrations and temperature changes.

Experience on ships and power stations indicates that a CEMS (Continuous Emission Monitoring System) can pose a challenge for operators. Various CEMS equipment is on the market and many are in the process of further development. CEMS is expected to become mandatory equipment in connection with Tier III.

УДК 621.436

Мацкевич Д.В.

Национальный университет «Одесская морская академия»

Регенерация эксплуатационных свойств моторных масел судовых дизелей

В энергетических установках используется два вида углеводородных жидкостей – смазочные масла и топлива. Смазочные масла представляют собой смесь высокомолекулярных углеводородов различных классов – парафиновых, нафтеновых, ароматических со значительным количеством присадок, включающих в свой состав различные элементы. Основная масса углеводородов состоит из смешанных молекул, содержащих всевозможные комбинации ароматических и нафтеновых колец с цепями парафиновых углеводородов.

Надежная работа судовых дизелей невозможна без систем смазывания, основными из которых являются цилиндрические и циркуляционные [1]. Роль смазочного материала, используемого в цилиндрических системах, однозначна – создание масляной пленки на зеркале цилиндрической втулки. К смазочному материалу, применяемому в циркуляционных системах, в зависимости от типа дизеля предъявляются различные требования. Циркуляционные системы смазывания малооборотных двухтактных дизелей обеспечивают разделение кон-

тактируемых поверхностей (в паре вал-вкладыш подшипника), а также отвод тепла и посторонних примесей из этой зоны. В среднеоборотных дизелях, имеющих одну систему циркуляционной смазки, смазочный материал вдобавок к «стандартной» функции обеспечивает поддержание масляной пленки и на зеркале цилиндровой втулки (работая в зоне повышенных температур и возвращаясь в общий объем масла). Таким образом, масла, используемые в циркуляционных системах смазывания судовых среднеоборотных дизелей, должны дополнительно обладать температурной стойкостью и способностью регенерировать свои эксплуатационные свойства.

Из целого ряда методов по улучшению свойств смазочного материала наиболее приемлемым (с технологической и финансовой точки зрения) является метод использования поверхностно активных веществ [2]. Тенденция развития и совершенствования поверхностно активных присадок к маслам сводится к синтезу и использованию высокомолекулярных полярных кремний органических и фтор органических соединений, которые обладают высокой температурной стойкостью. [3].

Чтобы доказать возможность восстановления эксплуатационных характеристик смазочного масла с помощью поверхностно активных присадок использовалось масло HLX40 фирмы Castrol, как чистое, так и с растворенной в ее объеме поверхностно активной металлорганической медьсодержащей присадкой. Основным компонентом присадки являлись соли меди, растворенные в олеиновой кислоте.

Исследования производились в циркуляционной масляной системе судовых дизелей S6A2-MPTA фирмы Mitsubishi Heavy Industries. В состав вспомогательной судовой энергетической установки входило три указанных дизеля, что позволяло выполнять эксперименты как для двигателя, работающего на «чистом» масле, так и для дизеля, в объем циркуляционной масляной системы которого была методом последовательного растворения введена поверхностно активная медьсодержащая присадка.

При проведении экспериментов к эксплуатационным свойствам смазочного материала относились следующие параметры: температура масла; давление, создаваемое маслом в трибосопряжениях при одинаковой мощности и производительности масляного насоса; а также «физическое» состояние масла (цвет отработавшего и свежего масла, наличие в отработавшем масле механических примесей, воды, продуктов нагаро- и окислообразования).

Контролируемыми параметрами при работе дизеля являлись температура и давление масла, а также температура выпускных газов. Кроме того, с помощью специального мерного устройства производилось определение расхода топлива, а также определение расхода масла на угар.

В результате эксперимента было установлено, что дизель в масляную систему которого вводилась медьсодержащая присадка, имел лучшие экономические и теплотехнические показатели работы. Основные результаты эксперименты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний

Нагрузка 75 %		
Давление масла, МПа	(0,265...0,245)±0,005	(0,265...0,285)±0,005
Температура масла, °С	(53,5...59)±1	(53,5...51)±1
Расход масла на угар, г/(кВт·ч)	1,66±0,02	1,08±0,02
Удельный эффективный расход топлива, кг/(кВт·ч)	0,199±0,0017	0,193±0,0017
Температура выпускных газов, °С	(375...390)±5	(350...370)±5
Механический КПД, %	87,7	88,4
Нагрузка 95 %		
Вязкость масла в граничном слое, сСт	96±1,2	107±1,2
Температура масла, °С	(53,5...64)±1	(53,5...51)±1
Давление масла, МПа	(0,27...0,245)±0,005	(0,27...0,285)±0,005
Расход масла на угар, г/(кВт·ч)	1,57±0,02	1,03±0,02
Удельный эффективный расход топлива, кг/(кВт·ч)	0,196±0,0017	0,191±0,0017
Механический КПД, %	88,3	88,9
Температура выпускных газов, °С	(370...385)±5	(340...350)±5

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мацкевич Д. В. Эксплуатационные характеристики моторных масел судовых дизелей / Д. В. Мацкевич // Проблемы техники. – 2012. – № 4. – С. 82-96.
2. Мацкевич Д.В., Сагин С.В. Влияние медьсодержащих присадок на эксплуатационные свойства моторных масел// Проблемы техники. – 2012. – № 3. – Одесса: ОНМУ. – С.17-25.
3. Мацкевич Д. В. Управление реологическими характеристиками моторных масел судовых дизелей / Мацкевич Д. В. // Проблемы техники. – 2013. – № 2. – С. 52-60.

УДК 621.436

Сагин С.В.

Национальный университет «Одесская морская академия»

Использование химической обработки топлива для улучшения показателей работы судового дизеля

В настоящее время в судовых энергетических установках наиболее широко применяется жидкое органическое топливо, представляющее собой продукт переработки нефти [1].

Одним из способов обработки топлива является изменение его физико-химического состава, которое можно разделить на:

- 1) очистку от примесей;
- 2) химическую обработку.

К первой группе относятся отстаивание, сепарация и фильтрация; а ко второй – применение топливных присадок.

В настоящий момент конструктивное и технологическое исполнение судовых двигателей внутреннего сгорания достигло своего совершенства, что обеспечивает минимальные удельные расходы топлива данных типов тепловых двигателей по сравнению с другими (паровыми котлами и газовыми турбинами). Поэтому использование присадок к топливу считается одним из путей повышения топливной экономичности дизелей.

Изучению влияния топливных присадок на характеристики тепловых двигателей посвящено большое количество работ, при этом вопросы использования присадок рассматриваются даже в таких энергоёмких и ответственных областях энергетики, как ядерная.

Топливные присадки направлены на улучшение эксплуатационных качеств топлива, начиная с его прокачиваемости и заканчивая температурой воспламенения. При этом основными функциями топливных присадок являются диспергирование, повышение смазочной способности, активация процесса горения. Место ввода присадок в топливную систему (рис. 1) различается в зависимости от общей комплектации системы, специфики дизеля и задач, на обеспечение которых направлено их использование.

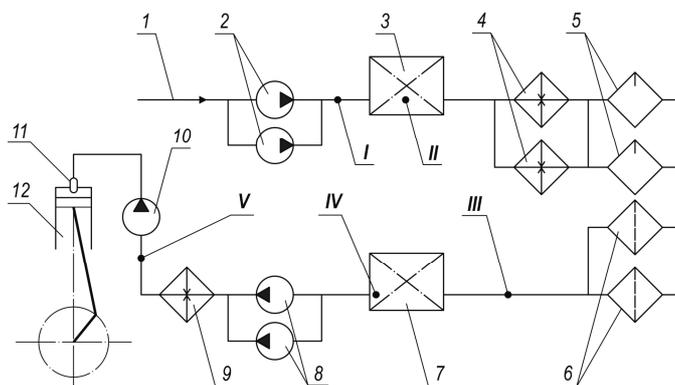


Рис. 1. Возможные точки введения присадок в топливную систему судового дизеля: 1 – магистраль подачи бункера; 2 – топливо перекачивающие насосы; 3 – отстойный танк; 4 – топливные подогреватели; 5 – топливные сепараторы; 6 – топливные фильтры; 7 – расходная цистерна; 8 – бустерные насосы; 9 – топливный подогреватель; 10 – топливный насос высокого давления; 11 – форсунка; 12 – дизель; I, II, III, IV, V – рекомендуемые точки введения присадок

Присадки к судовым топливам в настоящее время получили довольно широкое распространение на судах, однако результат их применения не всегда получает однозначную оценку. Это связано с различными причинами, которые, прежде всего, зависят от характеристик судового дизеля и элементов его топливной системы, а также от обеспечения правильной технологии использования присадок.

Исследования в судовых условиях были проведены в топливной системе дизеля S6A2-MPTA фирмы Mitsubishi Heavy Industries. В состав судовой энергетической установки входило три названных дизеля, использующихся в качестве дизель-генераторов. Это позволило два дизеля использовать для проведения экспериментов, а один оставлять в качестве «контрольного» [2].

Двигатели при исследованиях работали в параллельном режиме, что позволяло поддерживать одинаковую нагрузку как на «экспериментальном», так и на «контрольном» дизеле. Ее величина составляла 150...160 кВт при номи-

нальной мощности дизель-генераторов 230 кВт. С целью обеспечения эксперимента топливная система дооборудовалась расходомером и дозатором присадки. Дизель-генераторы имели разделенную газовыпускную систему, что позволило в «контрольной» и одной из «экспериментальных» вмонтировать газоанализатор.

Основными параметрами, подлежащими контролю и определению, были удельный эффективный расход топлива, температура уходящих газов, содержание NO_x в уходящих газах, а также техническое состояние элементов топливной аппаратуры и цилиндропоршневой группы.

Результаты исследований (табл. 1) свидетельствуют о более качественном смесеобразовании и сгорании, а также более полном использовании теплотворной способности топлива с присадкой.

Таблица 1. Результаты исследования применения топливных присадок

Контролируемый параметр	Работа на «чистом» топливе	Работа на топливе с присадкой
Удельный эффективный расход топлива, кг/(кВт·час): 50 % мощности 80 % мощности	0,217 0,198	0,204 0,194
Температура уходящих газов, °С: 50 % мощности 80 % мощности	417 396	403 391
Отклонение температуры уходящих газов по цилиндрам от его среднего значения	8	4
Снижение относительной концентрации NO_x в уходящих газах, % 50 % мощности 80 % мощности	— —	24 6

Приведенные результаты свидетельствует об улучшении экологических параметров работы дизеля, при этом наибольшее снижение уровня вредных выбросов между «экспериментальным» и «контрольным» дизелями наблюдается в диапазоне нагрузок 65...80% – наиболее характерных для эксплуатации вспомогательных двигателей морских судов.

Во время проведения экспериментов визуально было определено улучшение технического состояния дизеля и его топливной аппаратуры при использовании топливных присадок. Так, при моточистке дизелей было установлено, что элементы цилиндропоршневой группы дизеля, работающего с топливной присадкой, имеют меньший нагар на поверхностях нагрева (в частности, на головке поршня, крышке цилиндра и выпускном клапане, а также более подвижные поршневые кольца) чем у дизеля, работающем на топливе без присадки. Кроме того, форсунки дизеля, использующего топливную присадку, практически не имели нагара вокруг сопловых отверстий, а их распылители находились в менее изношенном состоянии. Это еще раз свидетельствует об интенсификации процессов смесеобразования и сгорания при использовании топлива с присадкой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сагин С.В., Заблоцкий Ю.В., Перунов Р.В. Технология использования и результаты испытаний присадок к топливам для судовых дизелей // Проблемы техники: научно-виробничий журнал. – 2012. – № 3. – Одесса: ОНМУ. – С.84-103.
2. Zablotsky Yu. V. Sagin S. V. Maintaining Boundary and Hydrodynamic Lubrication Modes in Operating High-pressure Fuel Injection Pumps of Marine Diesel Engines // Indian Journal of Science and Technology, May 2016. – Vol. 9. – Iss. 20. – P. 208-216. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i20/94490.

УДК 621.436

Брыль А.И.

Национальный университет «Одесская морская академия»

Эксплуатационный контроль показателей газокompрессора главного судового двигателя

Эффективность и надежность работы главных двигателей судна в значительной степени зависит от технического состояния газотурбокомпрессоров (ГТК). При их эксплуатации обычно производится замер температур газов перед и за турбиной $t_{Г1}$ и $t_{Г2}$, давление газов за турбиной $P_{Г2}$, параметров воздуха ($P_{В1}$, $t_{В2}$), а также частота вращения двигателя n и ГТК – n_T . Давление газа перед турбиной $P_{Г1}$, работающей в импульсном потоке определяется обычно по рекомендациям, например, (1), не являющимися универсальными.

Предлагается в основу определения $P_{Г1}$ использовать уравнение баланса между мощностями турбины и компрессора:

$$G_{Г} h_{ат} \eta_T = G_{В} h_{а\partial} / \eta_K, \quad (1)$$

где $G_{Г}$, $G_{В}$ – расходы газа и воздуха на ГТК:

$h_{ат}$ – располагаемая разность энтальпий газа в турбине;

$h_{а\partial}$ – теоретический напор компрессора;

η_T – относительный внутренний КПД турбины;

η_K – КПД компрессора.

Применяя уравнение Бернулли к определению $h_{ат}$ и $h_{а\partial}$ и учитывая (1), получим

$$\left(\frac{P_{В2}}{P_{В1}} \right)^{\frac{K_{В}-1}{K_{В}}} - 1 = \beta \tau \left[1 - \left(\frac{P_{Т2}}{P_{Т1}} \right)^{\frac{K_{Г}-1}{K_{Г}}} \right], \quad (2)$$

где $\beta = \frac{K_{Г}}{K_{Г}-1} \times \frac{K_{В}-1}{K_{В}} \times \frac{R_{Г}}{R_{В}}$;

$K_{Г}$ и $K_{В}$ – показатели адиабаты для газа и воздуха;

R_g и R_B – газовые постоянные для газа и воздуха;

$$T_{r1} = t_{r1} + 273;$$

$$T_{r2} = t_{r2} + 273.$$

Учитывая, что $C_p = (K/K - 1)R$, $\beta = C_{pT} / C_{pB}$.

Величина C_{pB} зависит от температуры, а C_{pT} , кроме того, от состава топлива.

Преобразуя уравнение (2) и считая, что $(K_B - 1)/K_B = m_B$

$$(K_g - 1)/K_g = m_g; \quad P_{B2}/P_{B1} = \Pi_B; \quad P_{2r}/P_{r1} = \varepsilon_T,$$

получим величину давления газа перед турбиной

$$P_{r1} = \frac{P_{r2}}{\left[1 + \frac{n_K^{m_B} - 1}{\beta\tau}\right]^{\frac{1}{m_B}}}. \quad (3)$$

Температура в конце теоретического процесса расширения в турбине

$$T_{r2t} = \varepsilon^{m_g} T_{r1}. \quad (4)$$

Таким образом, установив начальные и конечные параметры газа в турбине, по соотношениям:

$$h_a = C_p^r (T_{r1} - T_{r2}) \quad (5)$$

и

$$h_{oi} = C_p^r (T_{r1} - T_{r2}) \quad (6)$$

можно определить относительный внутренний КПД турбины η_T , как соотношение $\eta_T = h_{oi}/h_a$.

Для турбин с чистой поверхностью проточной части и номинальной степенью реактивности $\rho_0 = 0,3 \dots 0,4$, характерной для большинства турбин, изменение η_{oi} с высокой степенью точности (1...2)% описывается аппроксимационной зависимостью вида

$$\bar{\eta}_T = 1,85 \bar{n} - 0,93 \bar{n}^2 + 0,08 \bar{n}^3, \quad (7)$$

где $\bar{\eta}_T = \frac{\eta_T}{\eta_{T0}}$ – отношение текущего значения КПД к номинальному;

$\bar{n} = \frac{n_T}{n_{T0}}$ – то же для частот вращения ГТК.

Несовпадение значений реальных эксплуатационных $\bar{\eta}_T$ с эталонными $\bar{\eta}_T^0$ может быть в двух случаях: первый связан с нарушением режима работы главного двигателя. Это вызывается как изменением внешних условий, так и техническим состоянием двигателя. В работе [2] нами приведен способ дифференцированного подхода к оценке работы главного двигателя по характеристикам гребного винта.

Второй случай непосредственно связан с качеством рабочего процесса газовой турбины. Чаще всего это, как известно, происходит из-за заносов проточной части. Это вызывает уменьшение проходного сечения газов и рост ско-

ростей выхода потока из соплового аппарата. Этому способствует и уменьшение степени реактивности ступени p . На отдельных режимах работы это приводит к появлению критических (звуковых) скоростей в горле сопел, что вызывает как бы "запирание" потока газа, расход которого на данном режиме становится максимальным. Это вызывает рост температур перед турбиной, ухудшение работы всего ГТК и двигателя в целом.

В некоторых случаях возникает помпан в компрессоре. Как известно, существует несколько способов предотвращения этого явления. Значительная часть из них приводит к повышению температур в цилиндрах главного двигателя.

Предлагается способ, основанный на вводе в проточную часть турбины пара. Известно, что теплоемкость пара более чем в два раза превышает теплоемкость газа. Даже небольшая доля пара (5...10)% от расхода газа значительно повысит мощность турбины.

Приведенная методика прошла апробацию на одном из серийных теплоходов и позволила, учитывая реальное техническое состояние ГТК, планировать их вскрытие и очистку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рженецкий К.Л., Рихтер А.А. Дизель в судовом пропульсивном комплексе. – Л.: Судостроение, 1978.
2. Черкасов А.В. и др. Контроль показателей главного двигателя в составе пропульсивного комплекса судна // Судовая энергетика. – 1995.

УДК 621.436

Уласюк М., Веретенник А.М.

Национальный университет «Одесская морская академия»

Эмульгирование нефтепродуктов водой методом волновой диспергации

На сегодняшний день является актуальным вопрос о повышении экономичности и экологической чистоты тепловых установок на жидком топливе генерирующих тепловую и механическую энергии. Действенным средством достижения этих требований служат топливные эмульсии (ТЭ): вода - мазут, вода - дизельное топливо, вода - мазут - угольная пыль.

Аналізу состояния разработок и внедрения систем подготовки топливных эмульсий и их применению в промышленности посвящены работы Геллера С. В. Ниже на основе его данных приведен сравнительный анализ различных способов эмульгации нефтепродуктов и возможности использования этих смесей и способов их подготовки в судовых условиях.

Перевод судовых котлов, как и двигателей внутреннего сгорания на использование ВТЭ является целесообразным, т.к. это улучшает как их энергетические показатели, так и экологическую чистоту выбросов. Разумеется, вода не горит в составе топливной эмульсии, но водяной пар распадается на составляющие, которые катализируют окислительные реакции при горении топлива.

При этом водомазутные эмульсии стабильно горят при содержании воды до 30 объёмных процентов. Диспергирование обводнённых нефтепродуктов позволяет утилизировать жидкие отходы, в том числе подтоварные воды танкеров, нефтеостатки и крекинг-остатки.

Тем не мене, коренные показатели эмульсий, характеризующие их стабильность (неизменность структуры при хранении) за прошедшие полвека изменились мало. Очевидно, это обусловлено исчерпанием технических возможностей используемого для приготовления эмульсий оборудования (роторно-пульсационных аппаратов (РПА) и кавитаторов статического типа), а также экономической нецелесообразностью диспергации эмульсий магнитострикционными генераторами ультразвука. Здесь надо упомянуть и о «хорошо забытом старом» - аппаратах вихревого слоя, где диспергация происходит на ферромагнитных иглах во вращающемся электромагнитном слое. Но диспергаторы не получили широкого распространения по причине высокой удельной энергоёмкости.

Анализ опубликованных материалов по эмульгации нефтепродуктов показал, что ни в одной из работ детально не освещена стойкость ТЭ к расслоению при хранении, применительно к конкретному способу их получения. А ведь стабильность структуры ТЭ является важнейший эксплуатационный показатель.

Известные способы и устройства получения эмульсий на практике энергоёмкие и сложны в эксплуатации.

В этом отношении особо показательны материалы, опубликованные в источниках [1 2,]. Их авторы пытаются доказать превосходства статического кавитатора (который незначительно отличается от «кавитационного эмульгатора мазута - КЭМ» профессора Кормилицына). Но о том, что такой диспергатор ненадёжен в работе (имеет очень узкие проходные каналы, склонные к засорению) нет ни слова. Впрочем, с РПА дела обстоят не лучше. РПА - диспергаторы с электроприводным ротором, имеющим минимальный зазор со статором – тоже достигли предела своего развития. РПА также склонны к засорению при эксплуатации (но, в отличие от «косметизированного» КЭМа, засорение РПА не только нарушает процесс диспергации, но и приводит к заклиниванию роторов и поломке приводных электродвигателей).

С учётом проблемных вопросов получения эмульсии зам.директором по науке ЗАО «БРАВО Техноложиз» г. Геллером С. В. Поставлена задача ориентирования на эксплуатационные данные и разработки эмульгатор нового поколения на основе принципа волновой диспергации.

Результат не замедлил сказаться. Волновой диспергатор [3] – устройство принципиально нового типа – позволил получить сверхстойкие водотопливные эмульсии (СВТЭ). Ниже описаны результаты работ, выполненных в феврале – марте 2012г. (источник [3] описывает результаты работ в Москве в первом квартале 2010 г.). За прошедшее время был не только усовершенствован пилотный образец волнового диспергатора, но и разработана опытно – промышленная СПТ, внедрённая на реальном объекте – котельной, ранее работавшей на дизельном топливе (которое в 2,5 раза дороже, чем ВМЭ). Следует

подчеркнуть, что данная СПТ – первая в Казахстане. Стойкость полученной ВМЭ проверена на центрифуге «Eppendorf», на критическом режиме, обеспечивающем отделение ДНК из клеток.

Как работает СПТ

СПТ позволяет получать и сжигать в котлах СВТЭ на основе жидких углеводородов. СВТЭ не теряют качества при длительном (много месяцев) хранении и отлично горят, с высокой тепловой эффективностью и пониженным содержанием вредных отходящих газов. Такие свойства топлива стало возможным экономично получать на комплексе оборудовании, ядром которого является *волновой диспергатор*. Исходные продукты поступают из насоса в центральный патрубок диспергатора. Конструкция диспергатора полностью исключает засорение проточной части в процессе эксплуатации и заклинивание роторов. Переналадка этого аппарата при поступлении топлива из другой партии поставки не требуется (в отличие от кавитаторов статического типа). Падение давления на диспергаторе крайне незначительно, что также выгодно отличает его от диспергаторов статического типа.

Обводнённые нефтепродукты (содержание воды 20% и выше) прокачиваются через диспергатор. Внутри него достигается разрыв сплошности топлива под действием мощных сдвиговых напряжений, что порождает пустоты – т.н. каверны. Внутри каверн - пары жидкости и газы (последние перед тем были растворены в жидкости). Кавитационные пузырьки образуются в тех местах каверн, где давление в жидкости становится ниже некоторого критического. Эти явления вызывают вторичные эффекты в жидкости, которые способствуют интенсивному смешению, дроблению и диспергированию компонентов эмульсии. Кавитационный процесс реализован таким образом, что все ударно-волновые явления происходят непосредственно в потоке жидкости, не затрагивая материала корпуса и элементов конструкции, чем обеспечивается долговечность диспергатора.

В процессе прямых гидроударов высокой амплитуды (генерируются, когда внутренний ротор циклически перекрывает каналы вихревых камер внешнего ротора) происходят структурные и молекулярные изменения агломератов, изначально присутствующих в мазуте, разрушение органических и минеральных примесей. Обеспечивается интенсивное перемешивание и диспергирование даже многокомпонентных несмешиваемых жидкостей (с наличием твердых включений). В результате получается однородная СВТЭ (фото2 – эмульсия под микроскопом, цена деления 65микрон), вода **не отделяется** даже через 10 минут обработки эмульсии на центрифуге EPPENDORF (фото3) при частоте 13 000 оборотов/мин.

Следует обратить внимание, что для отделения воды от нефтепродуктов сейчас на рынке успешно продаются центрифуги с частотой вращения «всего» 1850 оборотов в минуту! Это подтверждает качество СВТЭ и практическую эффективность *волнового диспергатора* (в котором объединены сразу четыре метода физического воздействия на жидкости: интенсивная турбулизация, кавитационное воздействие, гидроудары высокой амплитуды прямого типа, три-

бостатический эффект). При этом удельное энергопотребление на создание СВТЭ в среднем составляет 0,2 кВт/т топлива.

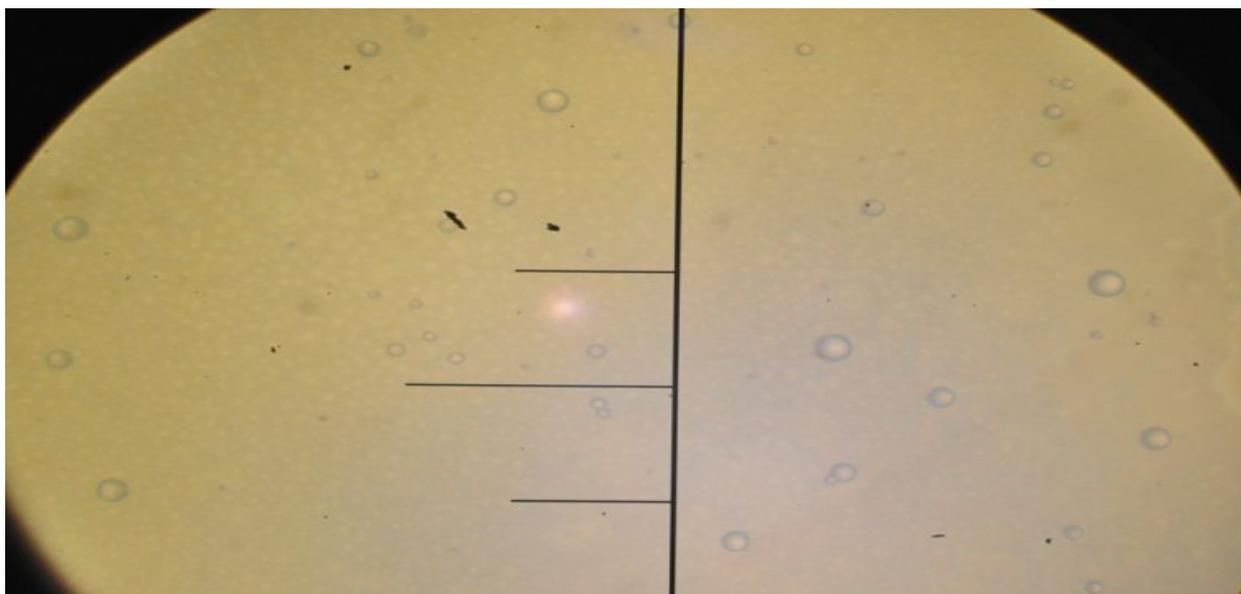


Рис 1. Эмульсия под микроскопом

Структура и механизм сгорания водомазутной эмульсии

Углеводороды обычного мазута находится в агрегатированном (связанном) состоянии. При поджигании распылённых горелкой каплей такого топлива процесс горения начнется на активной стороне каждого большого, «слипшегося» полимерного звена - *кластера*. При этом сгорание парафинов или серы будет неполным (что приводит к токсичным выбросам). Несгоревший мазут откладывается на поверхностях теплообменников и снижает КПД котла. Простое перемешивание смеси мазута и воды (даже интенсивное) не приводит к созданию мелкодисперсной эмульсии. Вода по-прежнему будет находится в смеси в виде слишком крупных фрагментов, препятствующих эффективному горению топлива.

Правильное диспергирование обводнённого мазута влечёт целый ряд положительных последствий:

- рвутся кластеры тяжёлого топлива, при этом образуется большое количество активных сторон молекул, которые вступают в процесс сгорания значительно быстрее;
- происходит разрыв слабых молекулярных связей, с образованием углеводородов более лёгкого состава;
- вода переходит в мелкодисперсное состояние (что не тормозит горение так, как крупные вкрапления воды) с образованием свободных радикалов Н и ОН, которые участвуют в процессе горения как катализаторы.

В СВТЭ, полученной на волновом диспергаторе, вода разбивается на капли размером 4-15 мкм, капли воды равномерно распределяются по всему объёму топлива и становятся диполем. На этот диполь происходит налипание углеводородного топлива с образованием *мицеллы* - капли воды внутри топлив-

ной оболочки. Капли воды не соединяются в более крупные из - за наличия углеводородной оболочки, а оболочка топлива крепко держится на капле (из - за наличия в капле заряда). Дисперсная структура ВМЭ обеспечивает вторичный распыл топлива в пламени. Мицелла, попавшая в зону горения, начинает нагреваться. Температуры кипения воды и мазута существенно отличаются (примерно на 200 град. С). Вода резко вскипает, а мазут в это время остается пока еще в жидком состоянии и препятствует испарению капель воды. При достижении внутри мицеллы критического давления происходит микровзрыв (перегретый водяной пар разрывает топливную оболочку и распыляет ее). Происходит многократное увеличение площади соприкосновения топлива с кислородом воздуха, что равнозначно распылению топлива при давлении на форсунках в 150-300 кг/см². Экономия происходит за счет более полного сгорания исходного мазута. Кроме того во время горения эмульсии снижается температура отходящих газов (без снижения температуры в топке и производительности котла), это свидетельствует об увеличении КПД котла.

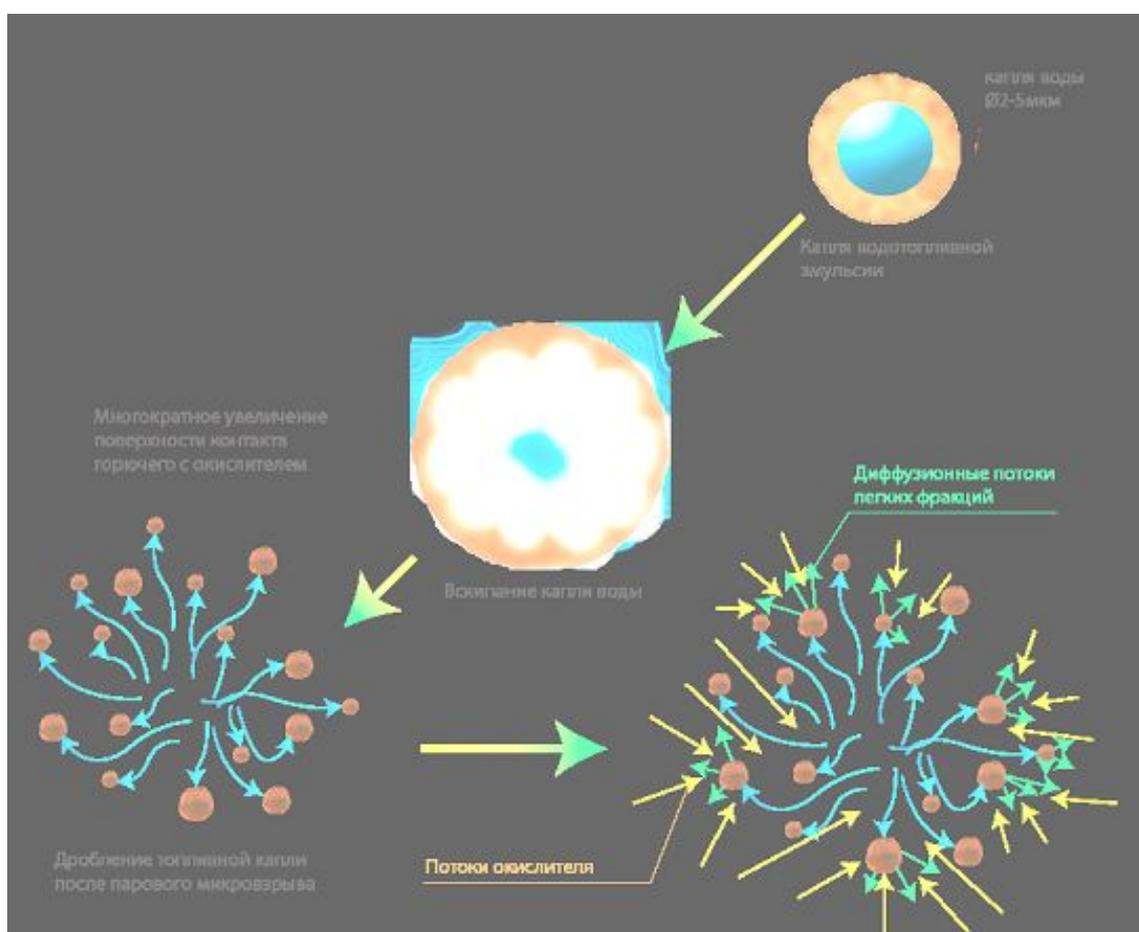


Рис 2. Принципиальная схема процессов сгорания водотопливной эмульсии

Предлагаемая технология позволяет перевести судовые котлы и ДВС, ранее работавшие на дизельном топливе, на ВМЭ. Это экономически выгодно, поскольку дизельное топливо существенно дороже, а водомазутная СВТЭ по калорийности не уступает исходному топливу и сгорает с минимальными выбросами вредных газов и сажи в атмосферу.

На основе вышеизложенного материала г. Геллер С. В. Сделал следующие выводы по использованию предложенного устройства эмульгации. Следует отметить, что ультрадисперсные СВТЭ на основе мазута обладают существенно меньшей вязкостью, нежели исходный мазут. Это позволяет перекачивать их по трубопроводам мазутного хозяйства при существенно более низких температурах (порядка 50 градусов Цельсия), а также подавать на сжигание при пониженных температурных параметрах (на 20 и более градусов ниже, чем при использовании необработанного топлива), что создаёт дополнительные источники экономии при эксплуатации топливосжигающих объектов. Становится возможным приготавливать топливные эмульсии задолго до момента их сжигания, превращать обводнённые нефтешламы и отработанные масла в полноценное топливо для котлов и печей с длительным сроком хранения (много месяцев). Помимо описанного выше особого качества ВТЭ, СПТ имеет и другие конкурентные преимущества:

- На рынке отсутствуют системы подобного типа производительностью более шести кубометров в час. Предлагаемая СПТ может обрабатывать в десять и более раз больше топлива, что позволяет использовать её на крупных тепловых электростанциях, металлургических комбинатах. Выше был описан волновой диспергатор производительностью 3...5 кубометров в час (тремякратная обработка топлива). Однако, имеется диспергатор и другого типоразмера, обеспечивающий в 6...8 раз большую производительность.

- СПТ имеет малую удельную энергоёмкость, надёжна и неприхотлива в работе, что минимизирует эксплуатационные затраты.

- Волновой диспергатор обеспечивает комплексное воздействие на жидкие среды, что расширяет возможности СПТ по сравнению с существующей на рынке продукцией аналогичного назначения - РПА и кавитаторами статического типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. К. Ильин, Р. А. Ильин, Т. Р. Горбанов. Об эффективности использования водотопливных эмульсий в теплоэнергетике // Вестник АГТУ, сер.: Морская техника и технология, 2011 г., №1.

2. Алибеков С.Я., Забродин А.Г. Устройство для подготовки к сжиганию обводнённых жидких топлив // Наука в условиях современности: сб. ст. проф.-препод. состава, докторантов, аспирантов и студентов по итогам науч.-техн. конф. МарГТУ в 2010 г. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. - С.94-96

3. Геллер С.В. Приготовление водомазутных эмульсий посредством волновой диспергации // Новости теплоснабжения.- 2010 г., №4.

4. Патент РФ №2347153 на изобретение «Гидродинамический генератор». Зарегистрирован 20 февраля 2009г. Автор – С.В.Геллер.

Особенности смазывания цилиндровой группы судовых малооборотных дизелей

Двигатели внутреннего сгорания морских судов (дизели) являются самым распространенным типом энергетических установок. Сегодня дизели используются на всех без исключения типах судов, включая как парусные, так и суда с ядерной установкой. При этом по своему назначению они могут быть главными (в случае если их мощность передается на гребной винт) и вспомогательными (когда их мощность используется электрическим генератором). Функционирование судовых дизелей обеспечивается различными системами, одной из которых является система смазывания. Главным компонентом данной системы считается моторное масло, выполняющее функции как смазывания, так и охлаждения деталей, которые оно разделяет.

Для судовых дизелей одним из ответственных узлов является цилиндропоршневая группа, подача моторного масла к которой осуществляется отдельной системой. Работа моторного масла в судовых дизелях сопровождается изменением его физико-химического состояния, в том числе деформацией. Для смазочного материала, находящегося в зоне контакта цилиндропоршневой группы, характерны основные признаки деформации: наличие приложенной извне механической силы и изменение формы, которое заключается в смещении частиц тела (в данном случае молекул масла) относительно друг друга. В случае рассмотрения пары поршневое кольцо – втулка цилиндра в качестве механической силы на молекулы масла действует нормальная сила, прижимающая поршень к стенке цилиндра. При этом, приложенная нагрузка вызывает появление внутренних сил, противодействующих внешним усилиям, которые равны, но противоположны им по направлению.

Силу и напряжение можно разделить на нормальные (давление) и касательные (напряжение сдвига). Для пары трения поршневое кольцо – цилиндровая втулка деструктирующее действие на масляный слой, способствующее срыву молекул масла с контактирующих поверхностей, оказывает именно напряжение сдвига. Напряжение сдвига τ вызывает характерную картину полойного распределения скоростей в слое жидкости. Максимальная скорость течения v_{\max} наблюдается у границы раздела жидкости с движущейся плоскостью.

Большинство технических жидкостей (в том числе и моторное масло) относятся к дисперсным системам и имеют аномальный характер вязкости, т.е. они не подчиняются закону Ньютона. Такие системы жидкости называются неньютоновскими. Их вязкость является функцией напряжения, сдвига. К подобным системам можно отнести структурированные тонкие слои смазочного материала, находящегося в узком зазоре пары трения втулка цилиндра – поршневое кольцо. Наличие пространственной структуры придает этим систе-

мам своеобразные механические свойства: упругость, прочность, пластическую вязкость.

Отличительной характеристикой смазочного материала, разделяющего металлические поверхности, является его способность образовывать структурно упорядоченные граничные смазочные слои, обладающие свойствами жидких кристаллов. При этом происходит отличие некоторых индивидуальных свойств тонких слоев жидкости от аналогичных свойств в большом объеме [1]. Жидкокристаллическое состояние граничного слоя смазочного слоя приводит к анизотропии ряда его свойств, в частности таких как оптическая и диэлектрическая проницаемость, вязкость, прочность.

Основными режимами трения и связанного с ним смазывания, происходящими в судовых дизелях, являются гидродинамический и граничный. Несмотря на стремление обеспечить гидродинамический режим смазки в трибосопряжении поршневое кольцо – цилиндровая втулка судового дизеля, процесс смазывания этого узла происходит в условиях граничного трения. Это обуславливается рядом причин, основная из которых – минимизация зазора в паре трения поршневое кольцо – цилиндровая втулка для обеспечения герметичности камеры сгорания и максимального преобразования энергии расширяющихся в цилиндре газов в полезную работу. Кроме того, в процессе эксплуатации на поверхностях названной пары происходят образование окислов и отложение нагаров, что также способствует уменьшению зазора и переходу из гидродинамического в режим смешанного и граничного трения.

Гидродинамический режим смазывания наблюдается в тех местах, где смазочный материал разделяет поверхности поршня и втулки. В паре трения поршневое кольцо – цилиндровая втулка режим трения и смазывания меняется на граничный. Это связано с тепловым расширением кольца (благодаря наличию «кольцевого» замка), а также с выполнением кольцом компрессионного действия, когда на верхнюю и внутреннюю часть кольца действуют газы, а наружная поверхность кольца прижимается к поверхности цилиндрической втулки.

Характеристики смазочного материала, входящего в трибологическую систему поршневое кольцо – смазочный слой – втулка цилиндра, как правило, описываются с точки зрения гидродинамической теории смазки. При этом учитываются только «объемные» свойства смазочного материала, и не рассматриваются аномалия этих свойств, происходящая в тонких граничных слоях и обуславливающаяся их жидкокристаллической структурой.

При эксплуатации моторного масла в дизеле происходит изменение его физических и химических свойств. Кроме того, при этом меняются и его реологические характеристики, и в первую очередь вязкость [2].

Неоднократно отмечалось, что характеристики тонких смазочных слоев, образующихся в условиях граничного трения, зависят не только от структурного состояния масла, но и от действия твердой подложки, вблизи которой они находятся [3]. Образование вблизи твердой поверхности (особенно металлической) структурированных жидкокристаллических слоев с анизометричной формой молекул приводит к заметному отличию физических свойств тонких прослоек жидкости от их свойств в «объемной» фазе. Одним из параметров,

величина которого имеет различное значение для случаев объемной жидкости и граничного слоя, является вязкость.

С целью подтверждения этого высказывания выполнялось моделирование процессов трения, происходящих при смазывании цилиндропоршневой группы судового дизеля 12K98ME-C7 фирмы DOOSAN-MAN-B&W, обладающего номинальной мощностью 54120 kWt при частоте вращения 97 rev-1.

Диапазон эксплуатационных режимов рассматриваемого дизеля определяется частотами вращения от минимально устойчивой n_{min} до максимально допустимой номинальной $n_{max}=1,03n_{ном}$ и лежит в интервале 53...100 rev-1. Тогда, с учетом геометрических размеров поршневого кольца дизеля $h_k=0,025$ м, скорость сдвига в зазоре пары трения поршневое кольцо – втулка цилиндра составит $\dot{\gamma} = 188...355$ с-1.

Моделирование подобных процессов трения в лабораторных условиях выполнялось с помощью экспериментальной установки, основу которой составлял ротационный вискозиметр. При этом для различной скорости сдвига возможно было определить вязкость смазочного материала в граничном смазочном слое $v_{гр}$. Ее величина определялись при толщине смазочного слоя 15 мкм, величина которого соответствовала эксплуатационному зазору в паре трения поршневое кольцо – цилиндровая втулка. Значение объемной вязкости $v_{об}$ определялось с помощью капиллярного вискозиметра фирмы Unitor. Эксперименты, как по определению объемной вязкости $v_{об}$, так и вязкость в граничном смазочном слое $v_{гр}$, проводились при температуре смазочного материала 40о С.

Результаты измерений приведены в табл. 1. При этом в ней для скорости сдвига $\dot{\gamma}$, соответствующей эксплуатационным режимам и эксплуатационной частоты вращения вала дизеля 12K98ME-C7, приведены значения объемной вязкости $v_{об}$ и вязкости граничного смазочного слоя $v_{гр}$, полученных в лабораторных условиях

Таблица 1. Результаты реологических испытаний судовых масел

Тип смазочного материала и его характеристика		Частота вращения вала дизеля, n , об/мин								
					0	0	0	0	0	00
		Скорость сдвига, $\dot{\gamma}$, с ⁻¹								
		0	00	50	77	13	48	84	19	55
Mobil-	Объемная вязкость, $v_{об}$, сСт	228								
	Вязкость граничного слоя, $v_{гр}$, сСт	56	39	33	23	21	18	16	15	14
M-	Объемная вязкость, $v_{об}$, сСт	197								
	Вязкость граничного слоя, $v_{гр}$, сСт	08	98	93	86	83	78	77	75	74

Увеличение вязкости в граничном слое при отсутствии сдвиговых нагрузок объясняется наличием в нем ориентационной упорядоченности молекул. Сни-

жение вязкости связано с появлением сдвиговых усилий, воздействующих на смазочный слой.

При увеличении частоты вращения вала дизеля (а, следовательно и скорости поршня) в масляном слое возникают сдвиговые усилия, способствующие уменьшению его вязкости. Этот факт необходимо учитывать при выборе сорта масла для смазывания цилиндропоршневой группы, а также при определении браковочных показателей масла, т.к. и в том и в другом случае определяется значение вязкости для большого объема жидкости, а эксплуатация цилиндропоршневой группы происходит при значениях вязкости, характерных для граничного слоя.

Следует отметить, что при отсутствии сдвиговых нагрузок, а также при начальном движении контактируемых поверхностей, вязкость граничного смазочного слоя на 8...9 % превышает объемную вязкость масла. Этот эффект особенно важен для пусковых режимов работы судовых дизелей, когда скорость перемещения поршня еще не позволяет равномерно распределить масляную пленку по поверхности цилиндрической втулки и создать требуемый режим смазывания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтоиз Б. А. Физика приповерхностных слоев жидкости / Б. А. Алтоиз, Ю. М. Поповский. – Одесса : Астропринт, 1996. – 152 с.

2. Мацкевич Д.В. Изменение реологических характеристик смазочных материалов в циркуляционной масляной системе в процессе эксплуатации среднеоборотного двигателя / Д. В. Мацкевич, С. В. Сагин, С. А. Ханмамедов // Судовые энергетические установки: сборник научных статей. – Одесса : ОНМА, 2010. – Вып. 25. – С.109-118.

3. Сагин С. В. Определение триботехнических характеристик поверхностей по степени упорядоченности пристенных слоев углеводородных жидкостей / С. В. Сагин, Ю. В. Заблоцкий // Проблемы техники :научово-виробничий журнал. – Одесса: ОНМУ. – 2011. – № 3. – С. 78–88.

УДК 629.5.03:623.81

Анфіногентов В.В., Драгой Д.В.

Аналіз енерговитрат на підготовку високов'язких мазутів перед подачею в ДВЗ

У сучасних ринкових умовах судноплавні компанії відчують серйозні економічні і фінансові труднощі в конкурентній боротьбі на світовому ринку транспортних послуг. Для збереження своєї присутності на ринку судовласники змушені шукати шляхи істотного скорочення власних витрат за рахунок, наприклад, зниження заробітних плат екіпажу, скорочення кількості екіпажу на судні, зниження основних експлуатаційних витрат за рахунок переходу на дешеві сорти високов'язких палив в'язкістю понад 380 мм²/с (сСт).

Енергонасичені силові установки морських суден є значними споживачами паливо-енергетичних ресурсів. В даний час використання палив з підвищеною в'язкістю характерно не тільки для малооборотних дизелів, але й для сучасних високофорсованих середньооборотних дизелів.

Властивості важких палив можна розділити на наступні три групи [1]:

1. Властивості, які істотно впливають на роботу двигуна, але які неможливо змінити в процесі паливообробки на судні (це можуть бути вміст коксового залишку, сірки і ванадію та ін.);

2. Властивості, які є важливими для двигуна, але які можна змінити, ефективною паливообробкою (вміст в паливі морської чи прісної води, механічних домішок);

3. Властивості, несуттєві для двигуна, але такі, що мають велике значення для роботи системи паливообробки і паливної системи в цілому (в'язкість, щільність, стабільність і сумісність палив, температури спалаху і застигання).

Завданнями системи паливopідготовки є зниження показників, перерахованих в п. 2 до рівнів, прийнятних для експлуатації двигуна.

Процес підготовки палива та підтримання його експлуатаційних характеристик в заданих межах є вельми енергоємним оскільки вимагає для важких палив в'язкістю 180 ... 700 сСт підігріву до 120...1450С перед подачею на форсунки для досягнення необхідної в'язкості, зазначеної заводом-виробником. За даними [2,3] енерговитрати на підготовку таких палив складають 1,5...2,45 % від потужності головного двигуна, при підвищенні в'язкості палива від 200 до 700 сСт енерговитрати зростають на 46% (рис.1).

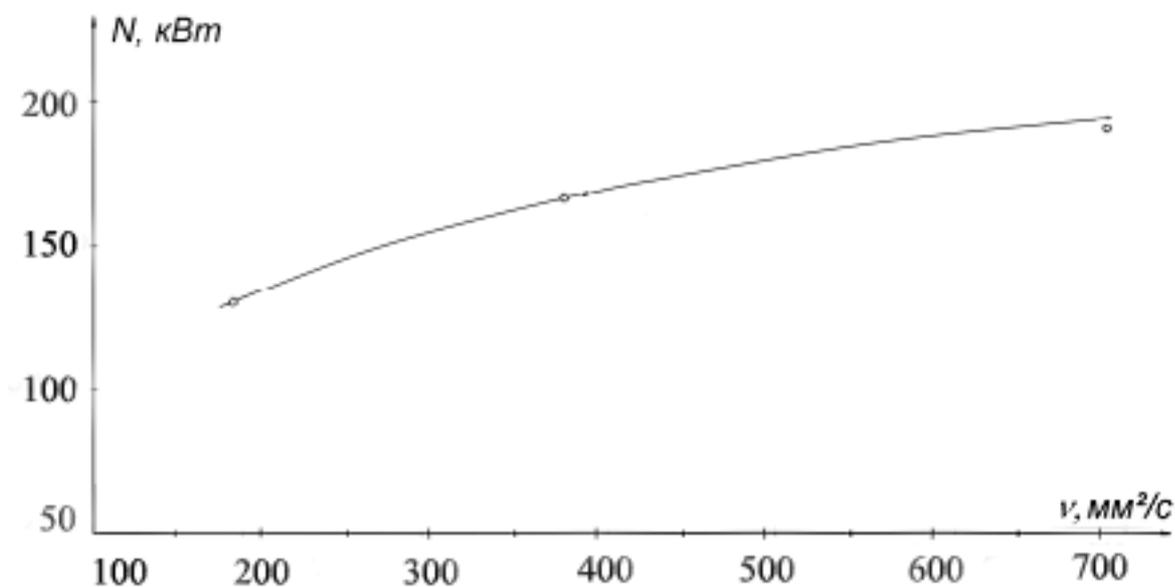


Рис.1. Залежність потужності, що витрачається на паливopідготовку, від в'язкості палива (за результатами розрахунків для головного двигуна MAN B&V K90MC-C потужністю 36540 кВт при його завантаженні на 80%)

Аналіз функціонування суднових систем паливopідготовки показав, що паливна система ДВЗ поділяється на системи низького і високого тиску [4].

Система низького тиску призначена для підігріву та очищення палива від основних забруднювачів - води і механічних домішок.

Механічні домішки в паливах складаються з частинок органічного та неорганічного походження, що знаходяться в паливі у вигляді осаду або в підвішеному стані. Вони засмічують фільтри, збільшують знос деталей паливної апаратури і циліндропоршневої групи, тому механічні домішки в дизельних паливах не допускаються, а у важких паливах не повинні перевищувати 0,1-0,2%, однак в дійсності у важких мазутах вони можуть бути в більшій кількості.

Вода в паливах знаходиться у вигляді глобул розміром від декількох мкм до 2-3 мм. Для дистильованих палив допускаються лише сліди води, для важких палив - до 0,3%. Зарубіжні важкі палива зазвичай містять близько 0,5% води, міжнародні стандарти допускають воду в кількості 1%, а вітчизняні - до 2%. Вода, особливо морська, є вкрай небажаним компонентом палива. Наявність води викликає корозію прецизійних пар паливного насоса високого тиску (ПНВТ) і форсунок, погіршує розпилювання палива, знижує теплоту його згоряння

Вода відносно легко відділяється від дистильованих палив. Процес очищення важких палив від води протікає значно складніше, як в силу меншої різниці їх густини і великій в'язкості, так і внаслідок того, що часто важкі палива утворюють з водою стійкі емульсії. Це є результатом того, що більшість важких палив містить в значних кількостях асфальто-смолисті сполуки, які мають високий поверхневий натяг, що сприяє утворенню стійких водопаливних емульсій. В цих випадках застосовують гомогенізацію або неодноразове прокачування палива насосами по замкненому контуру з тим, щоб забезпечити більш рівномірний склад емульсії з малими розмірами глобул води (треба домогтися дрібнодиспергованого стану композиції: розміри глобул не повинні перевищувати 15 ... 20 мкм). Наявність у паливі води у кількості 1-2% не робить помітного впливу на роботу дизеля, якщо вона рівномірно розподілена в об'ємі палива.

В паливних системах низького тиску найбільш поширені традиційні способи обробки палива на суднах, що передбачають його очистку від механічних домішок і води шляхом використання:

- гравітаційних сил (відстоювання в ємностях);
- відцентрових сил (обробка за допомогою відцентрових сепараторів).

Система низького тиску включає цистерни запасу, відстійні цистерни, сепаратори, витратну цистерну, паливопідкачуючий насос, фільтри, підігрівач і трубопроводи. В процесі паливообробки здійснюється видалення з палива механічних домішок і води, поліпшення агрегатного стану палива, зниження його корозійної агресивності, зниження в'язкості та підвищення здатності палива до самозаймання і згоряння.

Система високого тиску забезпечує уприскування палива в циліндри ДВЗ і зазвичай складається з ПНВТ та форсунок, що з'єднані між собою трубопроводом палива високого тиску.

Таким чином, високов'язкі палива, перш ніж потрапити в камеру згоряння ДВЗ проходять двоступеневе очищення від води і механічних домішок шляхом гравітаційного відстоювання у відстійній цистерні (попередня очистка), а потім у відцентровому сепараторі (остаточна очистка).

Відстоювання - це найбільш простий метод очищення нафтових палив від забруднень за умови достатньої різниці в значеннях щільності забруднень, води і нафтового палива. Крім того відстоювання палива буде відбуватися тим ефективніше, чим менше його в'язкість. Для її зниження паливо у відстійній цистерні підігрівають до температури $t_p = 80...85^\circ\text{C}$, якщо температура спалаху палива $t_{сп}$ вище t_p як мінімум на 10°C .

Розрахунки показують, що час осадження механічних домішок і глобул води однакового розміру в мазуті, який має в'язкість 150 сСт при 50°C , приблизно в 12-15 разів більше, ніж в дизельному дистильованому паливі. Зі збільшенням щільності палив виникла серйозна [5] проблема не тільки з їх відстоюванням, а також і з відцентровою сепарацією води від палива, якщо різниця їх щільності прагне до нуля або набуває негативного значення. Щільність сучасних і перспективних палив може досягати 990-1000 кг / м³ і більше, щільність прісної води при 20°C дорівнює 1000 кг/м³ і лише щільність морської води лежить в межах 1000-1013 кг/м³. Зі збільшенням температури щільність нафтопродуктів зменшується швидше, ніж води, тому різниця їх щільності $\rho_v - \rho_p$ зростає (рис.2, рис.3).

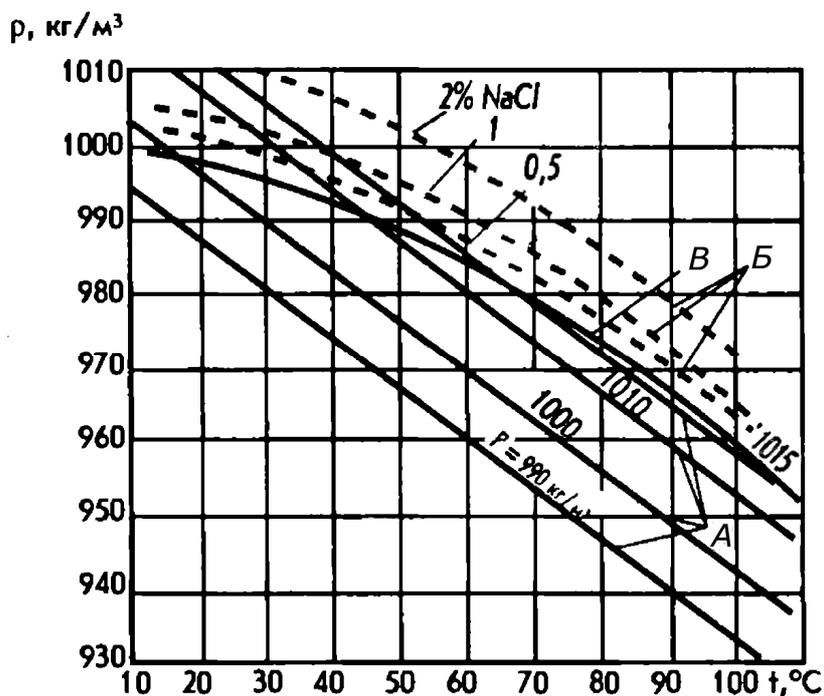


Рис.2. Залежність щільності важких палив і води від температури:
 А – важкі палива з $\rho_p = 990, 1000, 1010, 1015$ кг/м³; Б – солоня вода, вміст NaCl 0,5%, 1,0% і 2,0%; В - дистильована вода.

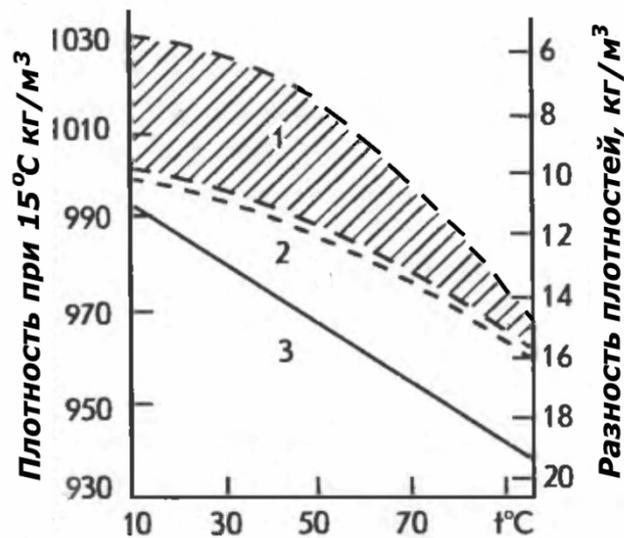


Рис.3. Залежність щільностей води (солоні – 1, прісної – 2) і палива – 3 від температури. На підставі викладеного можна зробити наступні висновки:

- метод гравітаційного відстоювання доцільно застосовувати для очищення мало- і середнь'язких палив;
- ефективність відстоювання палив ДВЗ з високою щільністю та в'язкістю практично наблизилася до нуля.

Зазначене підтверджується таким фактом. При відцентровій сепарації, яка значно ефективніша за відстоювання, вода добре відділяється від палива, якщо різниця їх щільностей не менше 30 кг/м³. Цей необхідний мінімум забезпечується для всіх палив, щільність яких нижче 991 кг/м³, при температурі підігріву 98°C. Таким чином, $\rho_p = 991$ кг/м³ є верхньою межею щільності палива, при якій можливо ще відділення прісної води від палива в процесі відцентрової сепарації.

Враховуючи, що щільність сучасного важкого палива не тільки впритул наблизилась до щільності прісної води, але й перевершила її, можна стверджувати про недоцільність відстоювання палива в процесі його підготовки до подання в ДВЗ. Головним ефектом від ліквідації цього етапу обробки палива є зниження теплоспоживання всього процесу паливопідготовки за рахунок виключення витрат теплоти на компенсацію тепловтрат від нагрітого палива, що знаходиться у відстійній цистерні, в навколишнє середовище.

Розрахунки доводять, що для балкера водотоннажністю 63000 тонн втрата теплоти від палива, що знаходиться в двох теплоізованих відстійних цистернах, в навколишнє середовище складає 2800000 кДж/добу.

Ця втрата, еквівалентна кількості теплоти, отриманої від спалювання 70 кг/добу важкого палива, складає 0,156% добової витрати палива на головний двигун судна. На перший погляд ця втрата вельми незначна, але якщо врахувати, що протягом року головний двигун працює 80% часу, тобто 290 діб, то втрата теплової енергії за рік експлуатації судна буде еквівалентна спалюванню 20,3 тони палива.

На сьогоднішній день світовий флот становить близько 90000 суден, які споживають близько 280 мільйонів тонн важких мазутів на рік. Прийняв-

ши наведені дані за вихідні, можна підрахувати економію палива при виключенні гравітаційного відстоювання з суднової системи паливообробки. В масштабі світового флоту це складе більше 435000 тонн важкого палива. Цієї кількості достатньо для забезпечення паливом протягом року 33 суден водотоннажністю біля 63000 тонн.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Возницкий И.В. Практика использования морских топлив на судах. Издание 3-е (переработанное и дополненное). С.Петербург: «Элмор».- 2005. – 121с.
2. Добровольский В.В., Ханмамедов С.А. Подготовка вязких топлив судовых малооборотных двигателей. Научно-технический сборник «Судовые энергетические установки». Вып. 26. – Одесса: ОНМА, 2010. – С. 46-53.
3. Добровольский В.В. Энергосберегающая технология подготовки высоковязких топлив малооборотных двигателей внутреннего сгорания : автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.05.03. Одесская национальная морская академия, Одесса, 2012. – 17с.
4. Корнилов Э.В. Бойко П.В., Смирнов В.П. Технология топливоподготовки на судне. Одесса: «Негоциант», 2006. – 246 с.
5. Пахомов Ю.А., Коробков Ю.П., Дмитриевский Д.В., Васильев Г.Л. Топливо и топливные системы судовых дизелей М: «РКонсульт», 2004.- 496 с.

УДК 629.5.064.3

Афтанюк В.В., Афтанюк А.В.

Национальный университет “Одесская морская академия”

К вопросу моделирования судовых осевых насосов

Судовые осевые насосы, как правило, изготавливают одноступенчатыми. Вне зависимости от конструктивного исполнения, важным качеством, необходимым для надежной работы судовых насосов является прочность рабочего органа – вращающегося колеса с лопастями [1].

Прочность вращающегося колеса с лопастями определяет возможность получения высоких параметров работы насосов, обеспечивает необходимый срок их службы. Потеря прочности рабочего органа может послужить причиной аварии на судне.

С точки зрения прочности, наиболее уязвимой частью рабочего органа судовых осевых насосов является – лопасть.

В процессе эксплуатации лопасть рабочего колеса, находится под воздействием значительного гидравлического давления, поэтому ее конструкция должна обеспечивать оптимальные энергетические и кавитационные свойства, отвечать условиям прочности, что обеспечивает длительную и надежную работу насоса.

Исследование напряженно-деформированного состояния лопасти судового осевого вентилятора позволяет определить места с наибольшими эквивалентными напряжениями, а, следовательно, наиболее вероятные очаги разрушения в случае аварии, изменения рабочих условий и использования насосов сверх срока безопасной эксплуатации.

Используя комплекс программ [2] смоделировано напряженно- деформированное состояние лопастей осевого судового вентилятора.

В качестве прототипа модели был принят судовый осевой циркуляционный насос ЭЦН 2500/6, с характеристиками: подача – 0,7 м³/с, давление – 0,006 МПа, частота вращения – 12,2 с⁻¹, мощность – 650 кВт, перекачиваемая среда – морская вода [3].

Алгоритм моделирования напряженно-деформированного состояния включает следующие этапы:

1. Создание твердотельной модели.
2. Задание материала лопастей осевого насоса.
3. Определение ограничений.
4. Задание нагрузок, приложенных к поверхностям лопастей.
5. Анализ напряженно-деформированного состояния.
6. Визуализация результатов моделирования.

Твердотельная трехмерная (визуальная) модель выглядит аналогично физической, но является нематериальной. Такая модель сохраняется в памяти компьютера совместно со своим математическим описанием, благодаря этому возможно устранение основного недостатка физической модели – проведения измерений для последующего прототипирования или серийного производства [2].

На рис. 1 представлены результаты проектирования твердотельной модели рабочего органа (вращающегося колеса с лопастями) в полном (рис. 1, а) и каркасном (рис. 1, б) изображении.

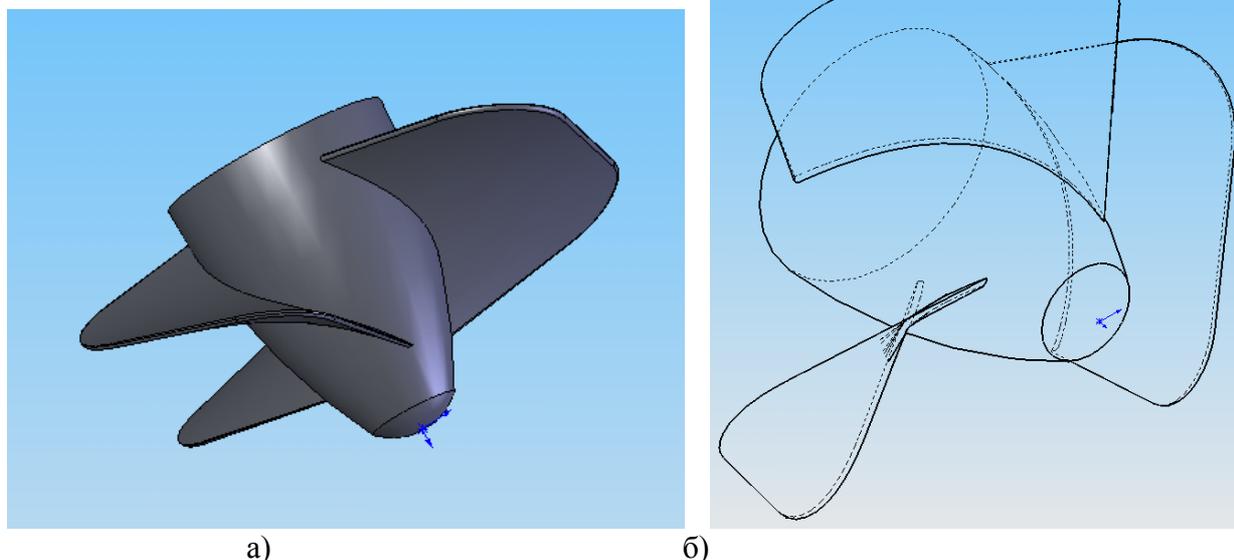


Рис. 1. Твердотельная трехмерная модель рабочего органа осевого насоса:
а) полный вид; б) каркасное представление.

На следующем этапе работы был проведен анализ напряженно-деформированного состояния модели с помощью компьютерного моделирования в среде COSMOSXpress [2].

Для расчетов принят материал из библиотеки SolidWorks с характеристиками:

- имя материала – [SW] Литая нержавеющая сталь;
- тип модели материала – линейный, упругий, изотропный;
- модуль упругости – $1,9e+011$ Н/м²;
- коэффициент Пуассона – 0,26;
- модуль сдвига – $7,9e+010$ Н/м²;
- массовая плотность – 7700 кг/м³;
- коэффициент теплового расширения – $1,5e-005$ К⁻¹;
- теплопроводность – 37 Вт/(м·К);
- удельная теплоемкость – 520 Дж / (кг К).

Для проведения дальнейших расчетов были выбраны поверхности находящиеся в «относительно неподвижном» состоянии по отношению к воздействующим нагрузкам (рис. 2, а). Затем определены поверхности и грани лопастей на которые воздействуют силы гидродинамического давления (рис. 2, б).

Осевая нагрузка на лопасти определялась приближенно по [4].

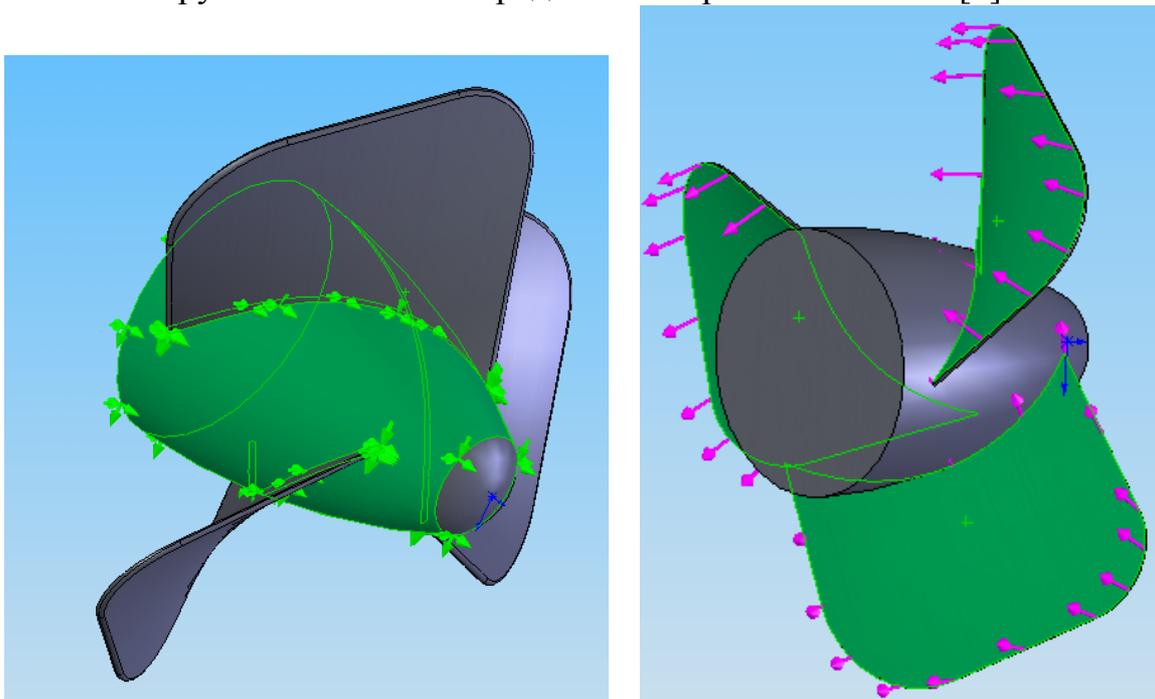


Рис. 2. Модель рабочего органа осевого насоса с наложением ограничений (а) и нагрузки (б).

где $S_{л}$ – площадь поверхности лопаток, м², γ – удельный вес перемещаемой жидкости, Н/м³, H – напор насоса, м.

В результате проведения расчетов модели получена визуализированная информация по:

- распределению усилий в модели (рис. 3);
- распределению смещений в модели (рис. 4);

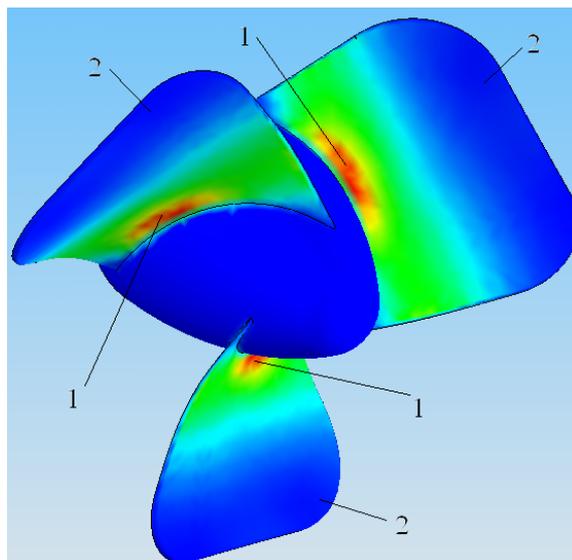


Рис. 3. Моделирование рабочего органа осевого насоса: эпюра распределения усилий (1 – участки в которых возникают наибольшие усилия сопротивления при деформации модели; 2 – участки с наименьшими усилиями сопротивления).

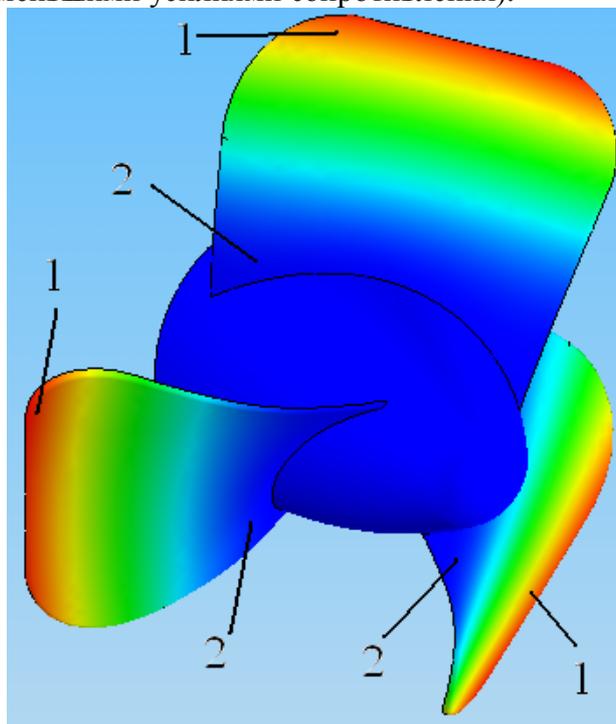


Рис. 4. Моделирование рабочего органа осевого насоса: эпюра смещений (1 – участки в которых возникают наибольшие смещения от гидродинамической нагрузки; 2 – участки с наименьшими смещениями).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Судовые вспомогательные механизмы и системы: Учеб. для вузов / В.М. Харин, Б.Г. Декин, О.Н. Занько, В.Т. Писклов; Под ред. В.М. Харина. –М. Транспорт, 1992. – 319 с.

2. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонович А.И., Пономарев Н.Б. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.

3. Судовые насосы: Справочник / Будов В.М. –Л.: Судостроение, 1988. – 432 с.

4. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам/ Вильнер Я.М., Ковалев Я.Т., Некрасов Б.Б. Под ред. Б.Б. Некрасова. – Минск, «Вышэйш. школа», 1976, 416 с.

УДК 629.5.016.7.064.-81

Гаврилкин О. Е.

Национальный университет “Одесская морская академия”

Эксплуатационная надежность и экономичность судового пропульсивного комплекса с дизельной установкой

Надежность и экономичность - основные требования, предъявляемые к пропульсивному комплексу с судовой дизельной установкой (СДУ).

Способность установки функционировать и сохранять свои рабочие параметры в течение необходимого времени зависит от многих факторов, прежде всего от надежности и экономичности главных двигателей и обслуживающих систем.

Это объясняется тем, что конструктивная и технологическая надежность судовых дизелей связана с экономичностью и форсированием мощности. Связь эта может быть негативной - потеря надежности в угоду экономичности или, наоборот, положительной, то есть назначаемые уровни форсирования параметров рабочего процесса, как правило, одновременно влияют на экономичность и тепломеханическую нагрузку дизелей, соответствующим образом подкрепляются совершенствованием конструкций, применением новых технологий.

Примеры таких связей представляют судовые дизели 60-х - 80-х годов.

В 60-е годы внедрение наддува двухтактных дизелей и форсирование мощности, что происходило без существенных изменений старых конструкций дизелей, сопровождалось снижением их надежности, что даже породило представление о бесперспективности дизеля как основного типа двигателя для судов средней и большой грузоподъемности. Недостаточная надежность при умеренной экономичности выражалась в частых отказах из-за интенсивного износа и повреждений цилиндро-поршневой группы, подшипниковых узлов и деталей кривошипно-шатунного механизма (КШМ).

Накопленный опыт и необходимость снижения затрат топлива заставили поставщиков судовых дизелей уже в 70-е и 80-е годы пересмотреть концепцию конструирования узлов и дизелей с точки зрения требования одновременного повышения надежности и экономичности.

Современные высоко экономичные судовые дизели удовлетворяют показателям надежности относительно работоспособности, безотказности, долговечности, ремонтпригодности, ресурса до переборки и капитального ремонта.

Прежде всего, надежным называют дизель, у которого в процессе эксплуатации не случаются отказы в работе, то есть ситуации, при которых вследствие повреждения деталей и узлов его дальнейшая эксплуатация исключается.

Различают внезапные и постепенные отказы.

Внезапные, непредвиденные, отказы - чаще всего следствие некачественного изготовления деталей и сборки дизеля. Существенно, что у дизелей рассчитанных на длительную работу с полной нагрузкой и находящихся в исправном состоянии, при непрерывном вахтенном обслуживании, внезапных отказов не должно быть. Но качество деталей вследствие износа, коррозии, усталости (старения) материала не остается постоянным. Изменения формы, которые накапливаются в последствии трения деталей и изменение структуры металла камеры сгорания, отложения на поверхностях теплообменных аппаратов и в газовоздушных трактах, коррозионные и эрозионные повреждения элементов топливной аппаратуры и многие другие факторы способны вызвать неисправное состояние деталей и постепенный отказ в работе.

Следовательно, одним из условий обеспечения надежности дизеля в эксплуатации является поддержание его в исправном состоянии. С этой целью применяют, как известно, плановое и профилактическое техническое обслуживание и ремонт. Однако специфика работы судов морского флота (эксплуатация на протяжении года, отрыв от баз обслуживания и т.п.) затрудняют своевременное проведение этих мероприятий в полном объеме.

Иногда возникает проблема, как оценить исправность дизеля и пригодность его для дальнейшей эксплуатации. Здесь могут помочь инженерный опыт и знания основных связей надежности дизеля с конструкцией и условиями работы на судне. Инженерный опыт формируется в процессе непосредственных наблюдений и обобщений показаний контролируемых параметров, косвенных и прямых оценок технического состояния узлов. Например, с визуального осмотра деталей, подвергающихся износу, всегда можно сделать вывод о необходимости их замены. Так, образование острых кромок на поршневых кольцах может привести к задирам цилиндра, изношенные до свинцовой бронзы вкладыши подшипников теряют несущую способность, потеря плотности клапанов ведет к их быстрому прогоранию. Труднее установить связь между рабочим состоянием детали и старением материала и дать конкретные указания о замене и объеме работ по техническому обслуживанию (ТО). Однако и здесь накопление опыта по ресурсу работы поршней, крышек, шатунов, крепежных деталей ответственных узлов, знание их связей с конкретными условиями нагрузки позволяют так организовать техническое использование и обслуживание, чтобы по возможности исключить снижение надежности дизеля вследствие отказов. Это требование объясняется тем, что отказ в работе дизеля может привести к аварийной ситуации, что грозит в целом безопасности судна и экипажа. Кроме того, потеря ходового времени из-за отказа обычно

обходится дороже экономических выгод, получаемых, например, от форсирования мощности и скорости.

Частично связь технического использования с надежностью дизеля и положения, определяющие эту связь, сформулированы в Правилах технической эксплуатации судовых технических средств:

- Перегрузка дизеля и снижение запаса прочности;

В условиях длительного режима полного хода не допускается перегрузка дизеля по крутящему моменту (указателе нагрузки или индикаторному давлению), максимальному давлению сгорания и температуре выпускных газов за цилиндрами, перед и за турбиной, а также перегрузка цилиндров. Это положение реализуется на практике путем сопоставления рабочих значений контролируемых параметров, с предельными параметрами, для конкретного дизеля, а также путем задания режимов работы на основе ограничительных характеристик, например, по допустимой подаче топлива. Рабочие режимы не должны выходить за пределы ограничительной характеристики.

- Влияние режимов работы с частыми изменениями нагрузки;

Снижению надежности вследствие старения материала тепло напряженных деталей камеры сгорания способствует работа с переменными нагрузками. Частые и глубокие тепловые изменения, вызываемые изменением подачи топлива на маневренных режимах, и особенно при работе во льдах, является причиной термической усталости материала и, как правило, приводят к появлению трещин и разрушению деталей. Явления термической усталости усиливаются при загрязнении поверхностей со стороны охлаждения и общем повышении температуры деталей.

- Влияние режимов работы с частыми изменениями и колебаниями частоты вращения;

Развития усталостных явлений в материале деталей движения, приводах, механизмах газораспределения способствуют динамические нагрузки, вызываемые изменениями частоты вращения и сил инерции, например, при длительной работе в штормовых условиях и неисправном регуляторе частоты вращения. Особенно неблагоприятное воздействие на запасы усталостной прочности валопровода делает работа дизеля в зоне резонансных частот вращения.

Правилами технической эксплуатации судовых технических средств запрещается назначения режимов в зонах опасных крутильных колебаний. Необходимо всегда быть уверенным в исправном состоянии демпфера колебаний. Длительная работа с поврежденным демпфером, как правило, заканчивается тяжелой аварией через усталостные разрушения материала коленчатого вала.

- Чувствительность дизеля в зоне эксплуатационных режимов;

Среди факторов, определяющих эксплуатационную надежность дизеля, большое место уделяется пониманию связей показателей тепловых и механических нагрузок с режимными факторами. Наиболее рельефно эти связи прослеживаются для главного судового дизеля, работающего на винт. Обобщающие показатели тепловых и механических нагрузок дизеля имеют кубическую

или квадратичную зависимость от относительной скорости судна, или частоты вращения, при работе на винт фиксированного шага (ГФК), или близкую к ней - при работе на винт регулируемого шага (ВРШ). Это значит, что нечеткость в выборе длительного режима резко отражается на уровне механических и тепловых нагрузок, а следовательно, на надежности дизеля. Например, при повышении скорости всего на 3,2 % тепловые нагрузки возрастают на 10%, и соответственно сокращается ресурс дизеля до ревизии. Из общих связей чувствительности дизеля к режиму работы также следует, что его работа на малом ходу судна непременно ведет к значительному снижению температуры стенок. При этом неизбежно ухудшаются условия сгорания, смазывания и усиливается процесс интенсивного образования нагара в камере сгорания, в канавках поршневых колец, клапанах, газовыпускных трактах и турбокомпрессорах. При длительной работе двигателя на малом ходу возникает опасность задира тронка поршня, зависания клапанов, пожаров и взрывов во впускном коллекторе или выпускных трубопроводах.

- Влияние режима приработки;

Важным фактором повышения надежности новых дизелей и прошедших моточистки и ремонт с заменой основных деталей является соблюдение режима приработки. Опыт показывает, что дизели, которые вводятся в строй при тщательном проведении режима приработки по наработке деталей ЦПГ и подшипников могут в 2-3 раза превосходить дизели, приработочные режимы которых не были соблюдены. В связи с этим не следует проверять качество дизеля форсированием режима в гарантийный период работы судна до завершения приработки его основных узлов.

Можно было бы продолжить перечень факторов, влияющих на надежность дизеля в эксплуатации. Частично они обусловлены работой топливной аппаратуры, систем наддува, смазки, охлаждения, подготовки топлива, технологии сборки, ремонта и техническим обслуживанием дизеля. Эти вопросы конкретизируются эксплуатационными инструкциями заводов-изготовителей и технических служб судоходных компаний.

Обеспечение маневровых качеств судовой энергетической установки.

С эксплуатационной надежностью непосредственно связаны требования к СЭУ в отношении безопасности выполнения швартовых операций, плавания в узкостях, во льдах, проливах с интенсивным движением. Иначе говоря, энергоустановка должна отвечать не только требованиям надежности, но и иметь определенные качества, соответствующие динамики маневрирования судна. Маневренные качества характеризуются следующими показателями и свойствами СЭУ:

- возможностью делать быстрое и достаточное число пусков и реверсов главных дизелей;

- способностью обеспечить необходимую мощность для безопасного и длительного движения судна задним ходом;

- допущением кратковременного перегруза и запасом мощности для выполнения маневра в трудных и критических условиях (при работе во льдах, при снятии с мели);

- устойчивость работы при минимальной частоте вращения гребного винта и скорости судна 3,5-4,5 узла, что соответствует условиям безопасные швартовке и маневрировании при прохождении каналов, узкостей, сложных фарватеров.

Названные качества регламентируются Классификационными обществами судоходства, и проверяется при ходовых сдаточных испытаниях. Сложнее обстоит дело с их практическим обеспечением вследствие условий эксплуатации, состояния главных дизелей, систем пускового воздуха и управления.

Не соответствие этих качеств может привести к непредвиденным расходам для судна и его судовладельца.

УДК 532.133

Кирис А. В., Гарагуля Б. А.

Национальный университет “Одесская морская академия”

Вязкостые характеристики технических жидкостей

Вязкость или внутреннее трение, является одним из важнейших физических свойств жидкости, проявляющаяся при движении реальных жидкостей. Общеизвестно, что в гидромеханике и технических расчетах используют два коэффициента вязкости: динамический μ и кинематический ν . В размерность

μ ($[Pa \cdot c]$) или $\left[\frac{кг}{м \cdot c} \right]$ входит масса или сила, которые являются характерными признаками динамики. Поэтому эта физическая величина получила на-

звание динамического коэффициента вязкости. Размерность же $\nu = \frac{\mu}{\rho} \left(\left[\frac{м^2}{c} \right] \right)$

включает только геометрический размер без рассмотрения причины движения (т.е. массы, силового воздействия и т.д.). Поэтому ν называется кинематическим коэффициентом вязкости.

В большинстве учебников [1–3], рекомендованных для изучения курса гидромеханики, не совсем понятно различие между этими двумя коэффициентами, хотя определяющий термин «вязкость» присутствует в обоих названиях. Поэтому, по нашему мнению, необходимо проанализировать фундаментальные труды по механике жидкости и газа [3–6] и на основании такого анализа показать физическое различие между динамическим и кинематическим коэффициентами вязкости.

Впервые наличие внутреннего трения между слоями частиц несжимаемой жидкости было отмечено И. Ньютоном, высказавшим в 1687 г. гипотезу о том, что величина сил внутреннего трения между слоями частиц жидкости зависит от свойств жидкости и пропорциональна площади поверхности соприкосновения слоев частиц (площади трения) и их относительной скорости перемеще-

ния. Позднее эта гипотеза была подтверждена целым рядом экспериментов [3, 4] и математически представлена законом вязкости (внутреннего трения) Ньютона, который для движения жидкости при небольших скоростях при ламинарном режиме течения вдоль плоской поверхности выглядит в виде:

$$T = \pm \mu S \frac{du}{dn}, \quad (1)$$

или

$$\frac{T}{S} = \tau = \pm \mu \frac{du}{dn}. \quad (2)$$

где T – сила трения;

μ – динамический коэффициент вязкости, характеризующий свойства данной жидкости (молекулярную вязкость);

S – площадь поверхности соприкосновения слоев жидкости;

$\frac{du}{dn}$ – градиент скорости по нормали к направлению движения (здесь du –

скорость смещения одного слоя относительно другого, а dn – расстояние между осями двух смежных слоев);

τ – напряжение сил трения, возникающих на поверхности соприкосновения слоев.

Молекулярно-кинетическая теория объясняет наличие вязкости движением и взаимодействием молекул. Механизмы проявления вязкости в газах и капельных жидкостях различны. В газах расстояние между молекулами существенно больше радиуса действия молекулярных сил и поэтому вязкость газов определяется, главным образом, молекулярным движением. Между движущимися относительно друг друга слоями газа происходит постоянный обмен молекулами, обусловленный их непрерывным хаотическим (тепловым) движением. Переход молекул из одного слоя в соседний, движущийся с иной скоростью, приводит к переносу от слоя к слою определенного количества движения. В результате медленные слои ускоряются, а более быстрые замедляются. Работа внешней силы T , уравнивающей вязкое сопротивление движению и поддерживающей установившееся течение, полностью переходит в теплоту.

В условиях установившегося ламинарного течения при постоянной температуре вязкость газов и нормальных (т. н. ньютоновских) жидкостей является постоянной величиной, не зависящей от градиента скорости [4].

Для определения напряжения сил трения идеальных газов в молекулярно-кинетической теории приводится следующее соотношение [5, 6]:

$$\tau = \frac{1}{3} \rho c \ell \frac{du}{dn}, \quad (3)$$

где ρ – плотность газа;

c – средняя скорость молекул;

ℓ – длина свободного пробега молекулы между её соударениями с другими молекулами.

Средняя длина свободного пробега молекулы, которая входит в эту формулу, обратно пропорциональна числу молекул в единице объема и, следовательно, обратно пропорциональна плотности газа. С учетом того, что скорость движения молекул определяется только тепловым состоянием газа (т. е. не зависит от плотности), становится понятным, почему в разреженных газах силы трения (вязкость) не зависят от плотности, а с повышением давления возрастают.

Последняя формула позволяет также установить характер изменения вязкости газа при изменении температуры. Средняя скорость теплового движения молекул c при увеличении температуры возрастает. Следовательно, при этом возрастает и вязкость газа.

Для капельных (несжимаемых) жидкостей наблюдается обратная зависимость: с возрастанием температуры их вязкость убывает. Это объясняется тем, что природа сил трения в несжимаемых жидкостях отличается от таковой в газах. В данном случае молекулы лишены возможности свободно двигаться по всем направлениям, как это имеет место в газе. Они могут лишь колебаться вокруг своего среднего положения, перемещаясь в своих слоях по направлению потока. При возрастании температуры колебательное движение молекул усиливается, силы сцепления между ними ослабевают и вязкость уменьшается.

Как было указано выше, зависимости (1) и (2) установлены для ламинарного режима течения основного потока ($Re < 2320$). На практике в большинстве случаев мы имеем дело с неустановившимся турбулентным движением жидкости. В этом случае зависимость (2) приобретает несколько иной вид.

В связи с наличием в действительном турбулентном потоке поперечных пульсационных скоростей существует обмен («турбулентный обмен») частицами жидкости между двумя соседними слоями жидкости. Эффект такого рода перемешивания частиц жидкости аналогичен действию сил внутреннего трения. Напряжения τ_T , обусловленные этим условным трением, называются *турбулентными касательными напряжениями* и обозначаются через τ_T .

Турбулентные касательные напряжения τ_T могут быть выражены, согласно [4], формулой, по своей структуре совпадающей с зависимостью (2):

$$\tau_T = \mu_T \frac{du}{dn}, \quad (4).$$

где $\frac{du}{dn}$ – градиент скорости; он имеет тот же смысл, что и в зависимости (2);

μ_T – коэффициент пропорциональности, называемый динамическим коэффициентом турбулентной вязкости.

В соответствии с [6], динамический коэффициент турбулентной вязкости в турбулентном потоке μ_T выражается зависимостью, полученной в предположении отсутствия молекулярной вязкости (характеризуемой коэффициентом μ):

$$\mu_T = \rho \ell^2 \frac{du}{dn}, \quad (5).$$

где величину ℓ принято называть длиной пути смещения или перемешивания.

В общем случае действительный поток должен одновременно обладать и молекулярной и турбулентной вязкостями. Поэтому полное суммарное касательное напряжение τ записывается в виде

$$\tau = \mu \frac{du}{dn} + \mu_T \frac{du}{dn}. \quad (6).$$

В случае ламинарного движения второй член правой части (6) отпадает; при этом напряжение трения τ получается пропорциональным первой степени средней скорости. В случае турбулентного движения при достаточно больших числах Рейнольдса второй член правой части (6) значительно превышает первый, при этом с молекулярной вязкостью можно вообще не считаться.

Около стенок трубы пульсации течения исчезают, что приводит к уничтожению в этой области дополнительных сил трения, вызванных турбулентностью. Поэтому около стенок трубы (в пограничном слое) течение можно считать ламинарным.

Физический смысл динамического коэффициента вязкости определяется из единиц его измерения

$$\mu = \left[\frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot \frac{\text{м}}{\text{м/с}} \right] = \left[\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}^3/\text{с}} \right] = \left[\frac{\text{Дж}}{\text{м}^3/\text{с}} \right],$$

т. е. динамический коэффициент вязкости показывает работу (Дж) объемного расхода жидкости ($\text{м}^3/\text{с}$), которая расходуется на преодоление сил внутреннего трения и определяет внутреннее сопротивление жидкости силе, которая заставляет эту жидкость течь.

В технических расчетах обычно используют кинематический коэффициент вязкости ν , физический смысл которого также определяется из анализа размерностей:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \left[\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}^3/\text{с}} \right] : \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right] = \left[\frac{\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^3}{\text{м}^3 \cdot \text{кг}} \right] = \left[\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{кг/с}} \right],$$

т. е. кинематический коэффициент вязкости показывает работу массового расхода жидкости. Значения μ и ν для воды и воздуха при $T = 300 \text{ К}$ и $p = 10 \text{ Па}$ приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Несжимаемая жидкость	μ , Па · с	ν , $\text{м}^3/\text{с}$	Сжимаемая жидкость	μ , Па · с	ν , $\text{м}^3/\text{с}$
Вода	$10,1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-6}$	Воздух	$18,5 \cdot 10^{-6}$	$1,51 \cdot 10^{-5}$

Если большее почти на 2 порядка значение динамического коэффициента вязкости воды по сравнению с воздухом объяснимо, то в 15 раз меньшее ν для воды объясняется тем, что в формуле $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ плотность ρ стоит в знаменателе, которая у воды примерно в 800 раз больше по сравнению с воздухом.

Бóльший кинематический коэффициент вязкости воздуха говорит о том, что по причине малой плотности силы сопротивления движению воздуха превалируют над силами трения при скоростях, значительно бóльших, чем при движении капельных жидкостей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курбатов Ю.Л. и др. Гідрогазодинаміка у теплотехніці, Норд-Пресс, Донецк, 2009.
2. Гидравлика, пневматика и термодинамика: курс лекций под ред. В.М.Филина.
- ИНФРА-М, 2011.
3. Лойцинский Л.Г. Механика жидкостей и газа, -М.: Недра, 1987.
4. Фабрикант Н.Я. Аэродинамика, М.: Наука, 1964.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика, т. 6, «Гидромеханика», - М.: Наука, 1986.
6. Прандтль Л. Гидроаэромеханика. Пер. с нем. М., Изд-во иностр. Лит., 1951.

УДК 629.5.068.4

Кирис В.А.

Национальный университет «Одесская морская академия»

Оценка целесообразности непрерывного производства пресной воды на морских судах

В последнее время из-за переизбытка транспортных средств существенно снизились фрахтовые ставки, что вызвало необходимость резкого снижения эксплуатационных затрат. В первую очередь это коснулось расхода топлива, необходимость экономии которого привела к существенному снижению скорости движения судов. В частности, нередки случаи эксплуатации контейнеровозов, которые всегда относились к быстроходным судам, со скоростью 10 и менее узлов на протяжении достаточно длительного времени. При сниженной мощности главного двигателя, который является источником тепловой энергии для утилизационного опреснителя, производительность последнего существенно уменьшается и при достаточно низких скоростях судна опреснитель вообще перестает вырабатывать воду.

Недостаток работы для танкеров приводит к необходимости дрейфования или стоянки на якоре в полной готовности в ожидании погрузки или выгрузки

в течение нескольких недель. В этом случае нехватка воды, существенное повышение ее производства в судовых условиях и трудность, а в ряде случаев невозможность доставки на борт, становится угрожающей.

Анализ результатов последних исследований в области безопасности судоходства, а также расследований и экспертиз аварий, аварийных событий, случаев и ситуаций говорит о том, что в 95 ÷ 97% случаев вина возлагается на действия экипажа (операторов). Ошибки оператора возникают не только вследствие некомпетентности и неадекватных условий внешней среды, но и вследствие некомфортных условий внутри системы. Создание и поддержание эффективной системы жизнеобеспечения на судне, которая гарантированно обеспечивала бы комфорт пассажирам и удовлетворительную оперативную готовность морякам – один из аспектов задачи обеспечения безопасности судоходства. Условия внутри системы являются агрессивными вследствие переменных климатических условий в районах плавания, ограниченного пространства, отчасти вследствие низкого качества воды и питания на борту, перемен социализации на борту вследствие смены экипажа, разницы в социализации на судне и в отпуске.

Именно людской ресурс, как субъект и один из составляющих транспортного процесса, обуславливает необходимость обеспечения социальной экологической безопасности на морском судне, создания нормальных условий обитаемости, качественного функционирования систем жизнеобеспечения на судне.

Социальная безопасность – это механизм борьбы с накопившейся негативной энергией, относящейся к оператору сложной эргатической системы. Одним из негативных процессов, снижающих работоспособность системы, является уменьшающаяся со временем ресурсообеспеченность в части обеспечения обитаемости оператора системы. Накопленная негативная энергия в определенный момент приводит к катастрофическим последствиям и к разрушению эргатической системы при фактической целостности всех технических составляющих. К примеру, расход запаса продовольствия и воды – негативный с точки зрения работоспособности процесс, приводящий, при бездействии, к отсутствию продовольствия и, в худшем случае, к гибели оператора системы. В настоящее время разрушение эргатической системы транспортного судна только вследствие отсутствия запасов продовольствия – явление практически невозможное, однако низкий уровень запасов снижает работоспособность системы до неприемлемого уровня. Поэтому важным вопросом социальной безопасности является восполнение запасов продовольствия и пресной воды. Зачастую эта проблема решается закупкой ресурсов из береговых источников, либо повышенным запасом продовольствия вместе с производством пресной воды в судовых условиях с последующим хранением в специальных танках. Производство пресной воды в судовых условиях имеет множество особенностей, таких как разнообразие методов производства воды на ходу, стоянке на якоре и в маневровых режимах, обеспечение различной степени минерализации для воды различных нужд и т.п.

Поэтому целесообразно исследовать возможность непрерывного производства пресной воды в контексте обеспечения социальной экологической безопасности морского судна, так как это позволит определить наиболее проблемные моменты, требующие новых методологических и технических решений.

Расход воды на современном судне колеблется в пределах (200..400) л/сут на члена экипажа. Расход воды высокотемпературного и низкотемпературного контуров охлаждения, в зависимости от технического состояния узлов и механизмов составляет (100..200) л/сут. Расход воды в судовом паровом котле – (<100) л/сут. Все перечисленные выше виды воды на судах получают путем опреснения морской воды. Именно поэтому в условиях длительных рейсов судовой опреснитель является важной частью судовой энергетической установки и системы жизнеобеспечения судна. В экстренных случаях для нужд судовых систем, согласно инструкциям по эксплуатации, кроме воды из системы бытовой питьевой и мытьевой воды, может быть использована вода из танков пресной воды. Солеосодержание воды в этих танках низкое, поэтому необходимо дополнительно минерализовать эту воду, как это делается, к примеру, на судне MOL Generosity. Расход пресной воды намного больше расхода дистиллята. Общеизвестно, что на производство воды меньшего солеосодержания затрачивается больше энергии. Поэтому на суда целесообразно устанавливать опреснители, производящие пресную воду, а не дистиллят, либо устанавливать опреснители с регулятором солености производимой воды.

Выводы

1. Создание и поддержка эффективной системы жизнеобеспечения на судне, гарантирующей комфорт и хорошую оперативную готовность моряков является одним из условий обеспечения безопасности судоходства.

2. Одним из негативных процессов, снижающих работоспособность экипажа, является уменьшающаяся со временем ресурсообеспеченность обитаемости моряков.

3. Важным вопросом социальной безопасности является восполнение запасов продовольствия и пресной воды. т.е. ресурсосбережение.

4. Производство пресной воды в судовых условиях имеет ряд особенностей, таких, как разнообразие методов производства воды на ходу, во время стоянки на якоре, на маневровых режимах, при грузовых операциях на терминале, для различных нужд.

5. Объектом исследования определена технология опреснения морской воды, а предметом исследований являются способы обеспечения максимальной производительности утилизационного опреснителя на всех этапах рейса танкера-переходе, во время грузовых операций и их ожидания на рейде, простоя в дрейфе.

Подмазко О.С., Піщанська Н.О.
 Національний університет «Одеська морська академія»,
 Одеська національна академія харчових технологій

Теоретичні основи розрахунку регулярних насадок випарного типу для центральних суднових кондиціонерів

Аналіз проблеми дозволяє зробити висновок про безперечну необхідність проведення процесу зволоження повітря, для здійснення якого потрібне подальше удосконалення апаратного забезпечення, у рамках задач, які направлені на рішення питань “Indoor Air Quality” IAQ, та енергозбереження. При цьому слід зазначити, що протягом 20 років до 2004 р. спостерігалася майже повна відмова від зволожувачів повітря у скандинавських країнах, а в інших перевага надавалась на застосування парових зволожувачів, у зв’язку із антибактеріальними властивостями гарячого пару при $t \geq 100$ 0С, не дивлячись на значні енергозатрати на організацію процесу. Іншим пристроям зволоження, у т.ч. плівковим насадковим апаратам випарного типу, які характеризуються натуральним природним процесом та найкращими енергетичними показниками, приділялось недостатньо уваги. Цей напрямок потребує нових фундаментальних та прикладних досліджень.

Для середньостатистичного європейського року задача підтримання необхідного рівня зволоження $\phi = 40 \dots 60$ % при температурі повітря в приміщенні (каюти, кубрики, радіорубки і т.п.) $t = 20$ 0С потребує його зволоження протягом.

В залежності від перебуванні судна в морі цикл роботи СКП об’єктів комфортного призначення для забезпечення нормованих значень ϕ потребує проведення процесу зволоження повітря протягом тривалого періоду, рис.1.

Потрібно підкреслити, що для значного періоду часу характерна обробка припливного повітря тільки в режимі зволоження без витрат теплоти або холоду, на рис.1 – зони 5,6, 8.

Метод аналізу політропічних процесів зволоження повітря в щільних насадкових шарах РН при поперечноточній схеми контактування потоків, який є модифікованим варіантом рішення Учїда (Uchida H., Japan) у цілому для модуля та Міклі (Mickley H.S., Massachusetts Institute of Technology, USA) для елементарної комірки, базується на наступних основних допущеннях: поперечноточний модуль зволожувача розбивається на ряд елементарних умовно протиточні $m \times n$ комірки, рис.2; інтенсивність процесів переносу для конкретних робочих умов в площині насадки не змінюється: $N\Sigma (kh) = \text{const}$, $\alpha ж / \beta h = \text{const}$; розподіл потоків в об’ємі модуля рівномірне, коефіцієнт зрошування $m_i = G_ж / G_г = \text{idem}$; зміна витрати $G_ж$ в процесі випарення не враховується; співвідношення Л’юїса $le = 1$; величини поверхні переносу теплоти і маси однакові та дорівнюють геометричній поверхні РН: $F_T = F_M = F$.

4742 годин або 54 % річного часу.

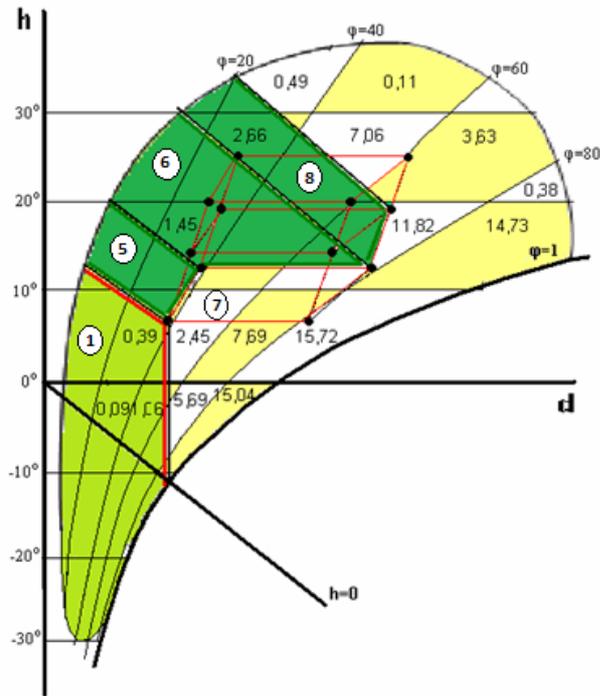


Рис.1 – Термодинамічна модель СКП для приміщення із тепло вологісними навантаженнями I класу і зонами області зовнішнього клімату 1, 5, 6, 8, , які потребують зволоження повітря.

Процес зволоження повітря в контактних апаратах описується рівняннями теплового балансу та тепловіддачі у відповідних фазах (1, 2):

$$dQ_{\Sigma,i} = \frac{c_{ж} G_{ж}}{m} dt_{ж,i}$$

$$dQ_{\Sigma,i} = \alpha_{ж}(t_{ж} - t^*)_i dF_i, \rightarrow N_{ж} = \alpha_{ж} \frac{c_{ж} G_{ж}}{m F} = \int dt_{ж,i} / (t_{ж} - t^*)_i; \quad (1)$$

$$dQ_{\Sigma,i} = -\frac{G_{г}}{n} dh_i$$

$$dQ_{\Sigma,i} = \beta_h (h^* - h)_i F_i, \rightarrow N_{г} = \frac{\beta_h G_{г}}{n F} = \int dh_i / (h^* - h)_i; \quad (2)$$

а також рівнянням кінетики сумарного переносу теплоти (3):

$$dQ_{\Sigma,i} = k_h (h'' - h)_i F_i, \rightarrow N_{\Sigma} = \frac{k_h G_{г}}{n F} = \int dh_i / (h'' - h)_i, \quad (3)$$

де $G_{г}$, $G_{ж}$ – витрати повітря і води в модулі, кг/с; $c_{ж}$ – теплоємність води, кДж/(кг·К); $t_{ж}$, t^* – температура води та поверхні розділу, оС; h'' , h^* – ентальпія насиченого повітря при $t_{ж}$ и t^* , відповідно, кДж/кг; F – площа поверхні контакту фаз, м²; $\alpha_{ж}$ – коефіцієнт тепловіддачі у рідинній фазі, кВт/м²·К; β_h , K_h – приватний та загальний коефіцієнт переносу у газовій фазі, кг/(м²·с); $N_{г}$, $N_{ж}$, N_{Σ} – числа одиниць переносу у газовій, рідинній фазах та сумарне, відповідно; i –

номер комірки; m, n – числа розбиття модуля (число комірок) у напрямку руху потоків води та повітря.

Числа одиниць переносу (NTU) N_g, N_j, N_Σ , які визначають інтенсивність процесу тепломасопереносу, є розрахунковими величинами.

Метод аналізу ілюструється рис.2 та складається із встановлення рушійних сил процесу у контактуючих фазах, що в умовах поперечноточного модуля потребує проведення певних ітераційних процедур.

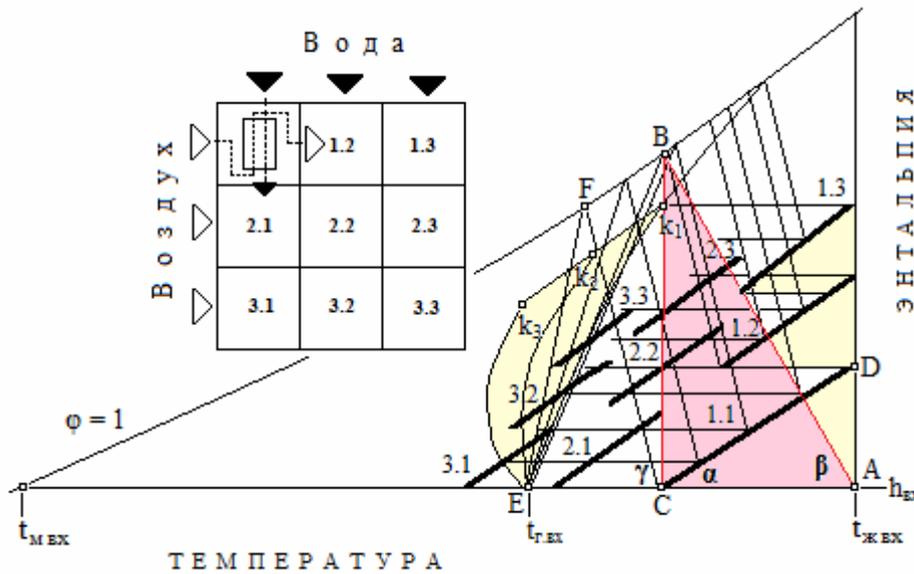


Рис.2. Графічна інтерпретація в t,h - діаграмі метода аналізу процесу в поперечноточному модулі зволожувача.

На першому етапі, допускається рівність $t^* = t_{ж}$, і задаючись перепадом температур води $\Delta t_{ж}$ в комірці 1.1, для якої відомі параметри потоків на вході, визначається число $N_{\Sigma,i}$.

$$N_{\Sigma,i} = \frac{2 \cdot a \cdot \Delta t_{ж,i}}{(h_{вх}'' - h_{вх}')_i + (h_{вих}'' - h_{вх}' - c \cdot \Delta t_{ж})_i} \quad (4)$$

де $a = m \dot{C}_ж$; вх, вих – позначення параметрів, які відносяться до входу та виходу комірки, наприклад, $h_{вх}''$ – ентальпія насиченого повітря при температурі води на вході в комірку.

Виходячи із умови $N_{\Sigma,i} = \text{const}$ обчислюються значення температури води на виході кожної комірки $t_{ж.вих,i}$, при цьому правильність завдання числа $N_{\Sigma,i}$ встановлюється відповідністю середньої розрахункової величини $t_{ж.вих}$ в цілому для модуля його експериментальному значенню.

Графічні побудови в t,h - діаграмі за даною процедурою складаються з знаходження положення робочих ліній процесу в комірках $h_i = f(t_{ж,i})$, які мають нахил α ($\text{tg } \alpha = c$, для комірки 1.1 – CD, рис.2), – за допомогою ліній, які проводяться під кутом β , $\text{tg } \beta = \pi$ (5), для комірки 1.1 – AB, рис.2.

$$\pi = a \left(1 + \frac{2}{N_{\Sigma,i}} \right) - \frac{(h_{вх}'' - h_{вх}')_i}{\Delta t_{ж,i}} \quad (5)$$

Для визначення приватних чисел одиниць переносу N_g і N_j потрібне проведення другої ітерації, яка передбачає розрахунок температури повітря на виході із модуля $t_{g,вих}$ у пошуку справжнього значення співвідношення $\alpha_j/\beta h$, яке встановлюється при умові $t_{g,вих} = t_{жк}$, що в t, h - діаграмі означає знаходження положення допоміжних робочих ліній процесу в комірках $h_i = f(t^*)_i$ та ліній зміни стану повітря $t_{g,i} = f(h_i)$ (на рис.2 – криві, які виходять із т. Е, із закінченням в точках k_1, k_2 і k_3 , відповідно коміркам кожного із рядів модуля). Побудова виконується за допомогою коннод: на рис.2 – ЕС і паралельних їй ліній, які проведені під кутом γ , $\tan \gamma = \alpha_j/\beta h$ (6), а також ліній, які зв'язують термічні ($t_{g,i}$) та калорійні (h_i) параметри повітря (7):

$$\alpha_j/\beta h = (h^* - h)_i / (t_{жк} - t^*)_i, \quad (6)$$

$$dh_i/dt_{g,i} = (h^* - h)_i / (t_c - t^*)_i. \quad (7)$$

Даний метод дозволяє проводити розрахунок регулярних насадок для центральних суднових кондиціонерів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Піщанська Н.О. Удосконалення поперечно точних апаратів зволоження повітря на основі насадок упорядкованої структури. – Афтореферат кандидатської дисертації. – Одеса, 2015. – 22с.
2. Рымкевич А.А., Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха. – СПб: «АВОК Северо – Запад», 2003. – 304 с.
3. Колев Н.Н. Исследование возможности интенсификации контактных экономайзеров при помощи новых высокоэффективных насадок. — М.: Теплоэнергетика, 1985, №3.

УДК.621.57.

Ярошенко В.М.

Национальный университет «Одесская морская академия»
**Енергетичная эффективность холодильных циклов с РТО
 промежуточного давления**

Рекуперативные теплообменные аппараты (РТО) применяются преимущественно в холодильных машинах небольшой производительности, в которых отсутствует вспомогательное оборудование, используемое для разделения и перегрева паров холодильного агента (отделитель жидкости, сепараторы, переохладители, промежуточные сосуды и др.) [2].

Практическая реализация рекуперативных процессов в первую очередь обеспечивает дополнительное переохладения холодильного агента высокого давления за счет теплообмена в РТО перед адиабатическим дросселированием, что способствует более эффективному заполнению испарительной системы

жидким холодильным агентом низкого давления, за счет уменьшения количества балластной пары в процессе дросселирования.

С другой стороны, процесс теплообмена в РТО обуславливает перегрев паров холодильного агента низкого давления и как следствие увеличение работы сжатия в цикле и повышение температуры нагнетания (конца сжатия), что иногда лимитирует надежную эксплуатацию компрессора и холодильной установки в целом. При этом резко снижаются энергетические характеристики машины и эксплуатационные характеристики смазочных материалов, что может обуславливать аварийную остановку. Температуры конца сжатия для большинства холодильных агентов ограничены, например, для аммиака эта температура равна $155\text{ }^{\circ}\text{C}$, для фреона 22 - $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ [4].

Особенно это имеет отношение к холодильным системам с повышенной температурой конденсации к которым относятся судовые холодильные установки, внешние условия эксплуатации которых зависят от районов плавания. С развитием компрессоростроения и внедрением спиральных компрессоров рядом фирм появилась уникальная возможность практической реализации холодильного цикла, в котором одновременно применяется принцип рекуперативного теплообмена между жидкостью высокого давления и парами промежуточного давления с впрыском в компрессор [3].

Конструктивно такая схема технически наиболее просто реализуется в спиральных компрессорах. При этом обеспечивается:

- дополнительное переохлаждения хладагента перед его поступлением в испаритель, что обеспечивает прирост холодопроизводительности всей системы и увеличивает уровень наполнения испарителя жидкостью;
- снижение температуры сжатия хладагента (температуры нагнетания).

Таким образом основными преимуществами такой схемы с РТО является повышение эксплуатационной надежности холодильной установки в том числе при повышенных температурах конденсации и интенсивных нагрузках испарителя. Схема установки фирмы Copeland и соответствующий холодильный цикл с рекуперативным теплообменником (РТО, который иногда его называют экономайзером) показаны на рис. 1.

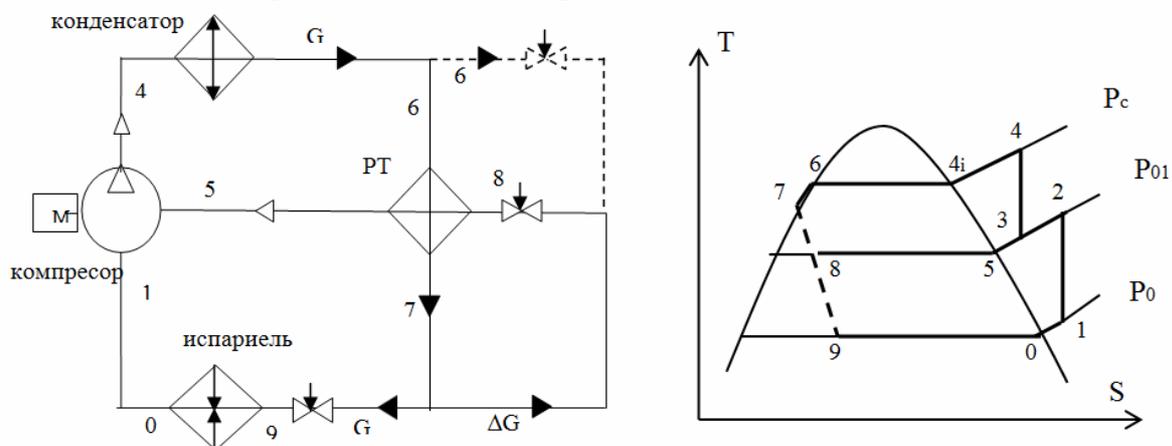


Рис. 1. Схема и цикл холодильной машины с РТО промежуточного давления.

Пунктиром показан вариант включения РТО с подачей жидкости высокого давления от конденсатора.

Часть хладагента высокого давления ΔG после конденсатора (или РТО) направляется к дроссельного вентиля, где происходит дросселирование до промежуточного давления P_{01} . В РТО происходит рекуперативный теплообмен между основным потоком жидкости высокого давления G и влажным паром ΔG , что обуславливает переохладения жидкости (процесс 7-6) за счет процесса испарения 8-5). Пары промежуточного давления всасываются компрессором, в котором смешиваются с основным потоком пара (процесс 5-2) и сжимается до давления конденсации.

Таким образом, условно реализуется схема двухступенчатого сжатия, что позволяет уменьшить температуру нагнетания хладагента. Но при этом имеет место дополнительная затрата работы в компрессоре вследствие увеличения массового расхода на ΔG .

Для реализации такой схемы холодильного цикла спиральный компрессор комплектуется специальным патрубком впрыска пара, который подключается к РТО.

Условный цикл холодильной машины с РТО, показанный на рис.1. может рассматриваться как цикл двухступенчатого сжатия с промежуточным охлаждением. Это обстоятельство свидетельствует о том, что с одной стороны, удельная работа сжатия несколько снижается по отношению к одноступенчатого сжатия, но при этом работа компрессора возрастает за счет увеличения массового расхода хладагента.

Производители рекомендуют [3], что для оптимальной работы РТО необходимо проводить отбор жидкого хладагента из основного потока жидкости после конденсатора с водяным отводом теплоты (до теплообменника). Терморегулирующий вентиль (ТРВ) регулирует количество жидкости, предварительно переохлажденной в конденсаторе, подаваемой в теплообменник для парообразования. При этом рекомендуется минимальное переохладение жидкого хладагента высокого давления в конденсаторе, которое обеспечивает устойчивую работу ТРВ, поскольку гарантирует отсутствие пара на входе в ТРВ, что в противном случае может вызвать нестабильную работу вентиля.

Поэтому при реализации циклов с воздушными конденсаторами целесообразно подавать на ТРВ жидкость высокого давления после РТО, что к тому же обуславливает снижение ее количества за счет уменьшения балластного пара после процесса адиабатического дросселирования.

Анализ холодильной машины с таким типом РТО выполнялся на базе теоретического цикла [1] с разной относительной количеством хладагента промежуточного цикла (ΔG), при различных температурах кипения хладагента и различными температурами конденсации (30°C и 40°C) для холодильных агентов 404 А и 410 А. Такие агенты в настоящее время находят широкое применение в судовых холодильных установках как альтернатива традиционным экологически опасным рабочим веществам.

Промежуточное давление в цикле выбиралось по известным рекомендациям, которые обеспечивают минимальную работу сжатия[3].

Определение параметров в узловых точках цикла и термодинамический анализ выполнялся при следующих условиях:

Параметры жидкости после переохлаждения в РТО определяются с уравнения его энергетического баланса.

$$\Delta G (h_5 - h_7) = (G + \Delta G) (h_6 - h_7)$$

$$h_7 = h_6 (1 + g) - g \cdot h_5$$

Параметры пара в точке 3 определяются с уравнением энергетического баланса при смешивании потоков пара в точках 2 и 5.

$$\Delta G \cdot h_5 + G \cdot h_2 = (G + \Delta G) \cdot h_3$$

$$h_3 = \frac{g \cdot h_5 + h_2}{1 + g}$$

Удельная холодопроизводительность цикла, кДж/кг

$$q_o = h_o - h_7$$

Расход хладагента, кг/с

$$G = \frac{Q_o}{q_o}$$

Удельная работа цикла, кДж/кг

$$l = l_1 + l_2 = (h_2 - h_1) + (1 + g) (h_4 - h_3)$$

Коэффициент преобразования энергии

$$\varepsilon = \frac{q_o}{l}$$

Расчеты производились для двух холодильных агентов 404А и 410 А при различных температурах кипения холодильного агента, различных температурах конденсации и различных количественных соотношениях между потоками в РТО.

При анализе работы такой установки необходимо определить условия наиболее эффективной работы с определением оптимального промежуточного давления, количества жидкого хладагента высокого давления, который дросселируется перед РТО, и влияние этих показателей на энергетическую эффективность холодильной машины (коэффициент преобразования энергии, как отношение холодопроизводительности к общей работы сжатия).

Результаты расчетов холодильного коэффициента теоретического цикла при различных условиях эксплуатации приведены на рис. 1.2. и 1.3.

Как видно из графиков увеличение количества хладагента с промежуточным давлением обуславливает рост холодильного коэффициента. При этом эффект зависимости холодильного коэффициента от количества агента промежуточного давления становится более существенным с повышением температуры конденсации.

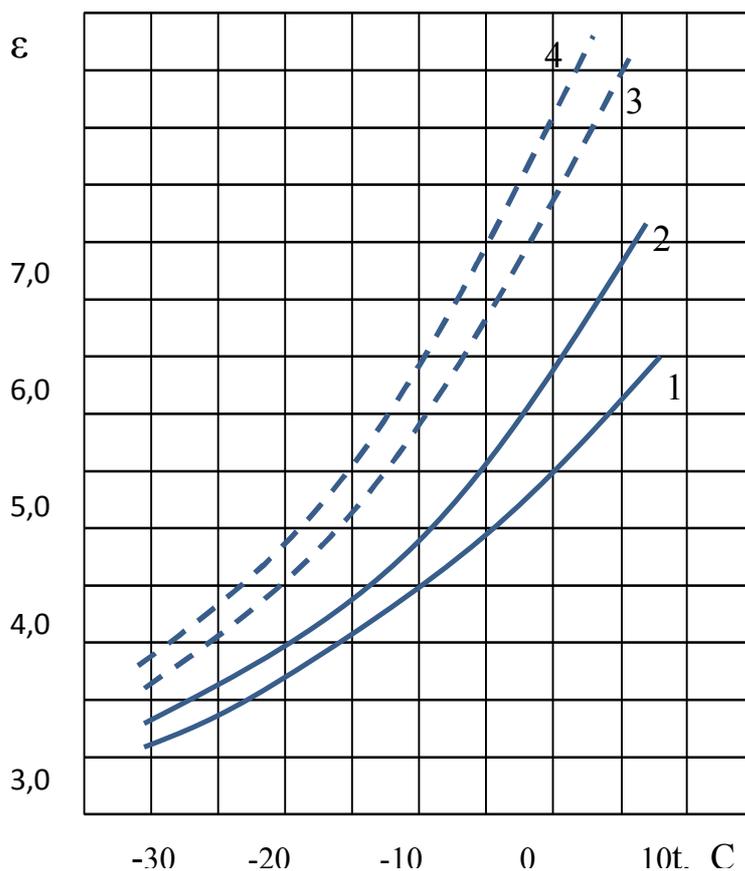


Рис. 1.2. Зависимость холодильного коэффициента от температуры кипения для 410А. Линии 1,2 относятся к температуре конденсации 40 °С при относительной доле холодильного агента промежуточного давления 0,05 и 0,15 соответственно, а 3,4 относятся к температуре конденсации 30 °С при относительной доле холодильного агента промежуточного давления 0,05 и 0,15 соответственно.

Впрыск паров холодильного агента промежуточного давления обуславливает уменьшение температуры конца сжатия на 15-20% по отношению к традиционному циклу с РТО, а выигрыш в холодильном коэффициенте при этом составляет 10-15%.

Расчеты показывают, что более эффективным с точки зрения энергетики является R410 А по сравнению с R404 А., а преимущества проявляются с ростом температуры конденсации.

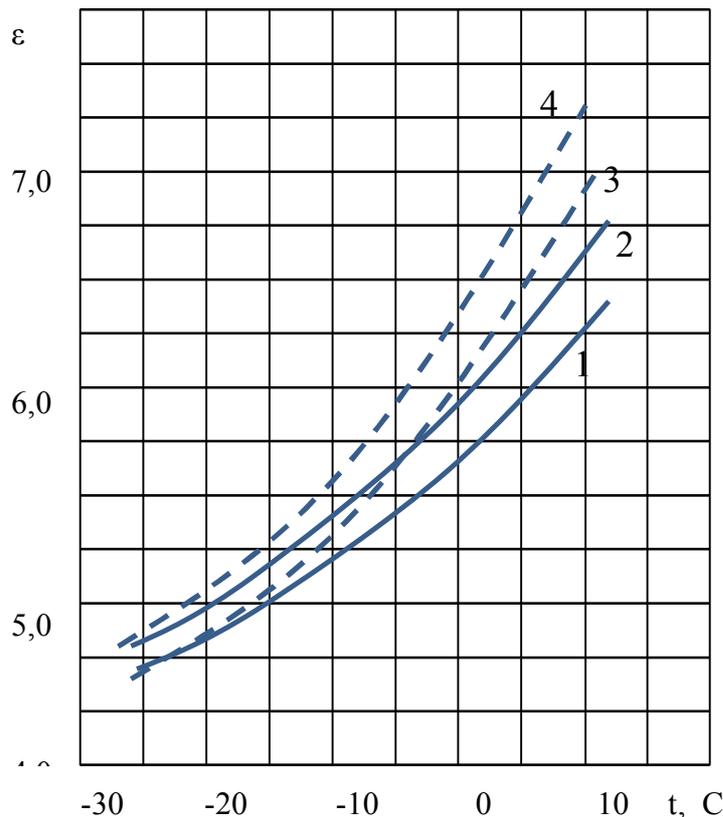


Рис. 1.3. Зависимость холодильного коэффициента от температуры кипения для 404А. Линии 1,2 относятся к температуре конденсации 40 °С при относительной доли холодильного агента промежуточного давления 0,05 и 0,15 соответственно, а 3,4 относятся к температуре конденсации 30 °С при относительной доли холодильного агента промежуточного давления 0,05 и 0,15 соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гемелев Ю.А., Мнацаканов Г.К. Энергетическая эффективность теоретических регенеративных циклов компрессионных холодильных машин на современных холодильных агентах. В сб. холодильная техника и технология, вып. 60, 1999, стр. 90 -94.
2. Морозюк Т.В. Теория холодильных машин и тепловых насосов. / Одесса, - «Негоциант», -2006, -с.712
3. Каталог фирмы DWM COPELAND. www. Copeland.com.
4. Ярошенко В.М. Термодинамічна ефективність процесів стиснення із вприском холодильного агенту. В Зб.ІХ міжнародної конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки і технології», Одеса, - 2013, с.5-7

Корощенко Н.Н., Кошарська Л.В.

Национальный университет «Одесская морская академия»

Учет требований эргономики при проектировании рулевой рубки скоростного судна или корабля ВМФ

Скоростные суда повсеместно завоевали широкую популярность. Большая скорость движения, удобства для пассажиров, хорошая проходимость по магистральным и малым рекам позволили этому виду транспорта успешно конкурировать со средствами наземного передвижения. Благодаря научно-техническому прогрессу в судостроении намечается еще более увеличить скорость этих судов, продолжительность суточных пробегов, перейти к эксплуатации скоростного флота в ночное время суток, а также выполнения боевых задач.

Надежность и безопасность плавания скоростных судов тесно связана с дальнейшим улучшением условий труда судоводителей, несущих вахту в рулевой рубке. На решение этой задачи направлены «Методические указания по эргономическому усовершенствованию рулевых рубок судов скоростного флота», разработанные в НИИ гигиены водного транспорта на основе натуральных исследований, проведенных непосредственно на СПК типа «Ракета», «Метеор», «Буревестник», «Восход», «Заря», «Комета» в различных речных и морских бассейнах. Целью исследований было изучение гигиенических и эргономических условий труда и отдыха плавсостава, психофизиологических функций организма, состояния здоровья в заболеваемости членов команды. Требования и рекомендации созданного документа формулировались с учетом обеспечения не только физического, но и психологического комфорта судоводителя в рулевой рубке. Исследования проводились во время вахт, всего рейса судна и рабочего периода его эксплуатации.

Профессиографические исследования показали, что работа судоводителя связана с переработкой значительного объема информации, нередко в условиях дефицита времени, что требует повышенного нервно-эмоционального напряжения. Вместе с тем наблюдается относительная гиподинамия (малая подвижность), обусловленная постоянным пребыванием человека в ограниченном пространстве помещения рубки. Неблагоприятное влияние на работоспособность может оказывать монотонность обстановки, что проявляется в виде «пересыщения» однообразной, хотя и значимой информацией или, наоборот, дефицита информации.

Гигиенические исследования показали, что судоводители иногда работают в условиях повышенных уровней шума и вибрации, газовых загрязнений воздуха и действия других неблагоприятных факторов. Психофизиологические исследования показали, что уже после 8 ч пребывания в рейсе у судоводителей наступают явления утомления: снижается активность функций центральной нервной системы, зрительного анализатора, работоспособность, внимание, ухудшается вегетативно-сосудистое обеспечение функциональной деятельно-

сти организма. Утомление при этом возникает независимо от того, находится ли судоводитель на вахте у штурвала или в подвахте.

Сказанное свидетельствует о большом значении, которое имеет эргономическое совершенствование пульта управления и рубки в целом.

«Методические указания» основаны на следующих исходных положениях:

1. Организация рабочего места судоводителя в рубке скоростного судна должна предусматривать достаточное рабочее пространство, позволяющее вахте осуществлять все необходимые движения и перемещения при эксплуатации судна с учетом необходимости сохранения оптимальной работоспособности в течение всего периода работы.

2. При проектировании пульта управления и организации рабочего места должны предусматриваться меры, предупреждающие или снижающие преждевременное утомление и переутомление оператора, его повышенное нервно-эмоциональное напряжение и статическое утомление мышц, а также появление ошибочных действий, которые могут привести к аварии судна.

3. Конструкция пульта управления и организация рабочего места должны обеспечивать быстроту, безопасность, простоту управления и технического обслуживания в нормальных и аварийных условиях, возможность работы оператора в положении «сидя – стоя».

4. Средства отображения информации, органы управления и другое оборудование в рубке необходимо компоновать относительно рабочего кресла судоводителя, с учетом обеспечения управления судном одним человеком, независимо от числа людей, несущих вахту.

На первом месте в «Методических указаниях» находятся требования по форме и расположению рулевой рубки. Прежде всего предусматривается ее размещение в носовой части корпуса судна, что преследует цель уменьшения непросматриваемого («мертвого») пространства впереди судна. Не менее важным и принципиально еще окончательно не решенным вопросом является архитектура (форма) рубки. «Методические указания» исходят из необходимости строить рубку с нависающей вперед носовой лобовой стенкой. Такая рубка по эргономичности имеет определенные преимущества по сравнению с наклоном носовой переборки к корме, так как позволяет увеличить объем и рабочее пространство рубки, исключить отражение в лобовом стекле световых сигналов рабочей индикации и других средств отображения информации с панелей пульта управления. Это отражение в темное время суток или в сумерки затрудняет судоводителю восприятие навигационных знаков и огней судходной обстановки, особенно в условиях плохой видимости. Кроме этого, наконец, нависание лобовой переборки вперед в значительной степени предохраняет зрение судоводителя от воздействия ослепляющих ярких солнечных лучей («солнечной дорожки»), отраженных от поверхности воды.

Для исключения слепящего действия солнечных лучей на глаза судоводителя следует применять для установки на лобовой переборке полихроматические стекла.

Одним из важных условий высокой производительности труда и надежности работы судоводителя является обеспечение для него кругового обзора с

рабочего места по горизонту. Для этого необходимо, чтобы по всему периметру рубки не было широких перемычек или межоконных проемов, мешающих свободному обзору окружающей обстановки. Обычно видимость ухудшается устанавливаемыми на лобовом стекле громоздкими стеклоочистительными устройствами, создающими к тому же дополнительный шум.

Планировка рубки должна обеспечивать свободное размещение в ней навигационного оборудования, пульта управления, кресла судоводителя и возможность установки второго кресла для дублера судоводителя. При этом у судоводителя не должно возникать психологически неблагоприятного дискомфорта ощущения тесноты.

В «Методических указаниях» обращено внимание также на то, что в интерьере рубки и в оформлении ее внутреннего оборудования не должно быть острых выступающих углов или поверхностей, что может стать источником травматизма.

Большой интерес представляет раздел, содержащий эргономические требования к пульту управления и его конструкции. В этом разделе приводятся указания и даны координаты расположения на пульте приборов и других средств отображения информации, размеры пульта, высота его над палубой, величины оптимальных углов расположения приборов в зависимости от кратности и частоты использования их судоводителем. Особое внимание уделяется аварийным сигналам и расположению средств их отображения на пульте.

Специальный раздел посвящен вопросам эргономического совершенствования органов управления. Здесь обращено внимание на их размещение в зависимости от функционального назначения, значимости, частоты и последовательности использования. Перемещение этих органов в ту или иную сторону должно быть согласовано с направлением осуществляемого при помощи этого перемещения маневра судна. В зависимости от частоты использования органов управления за вахту определяется их размещение в различных зонах, расположенных ближе или дальше от судоводителя. Рекомендуются расстояния от рулевого колеса до палубы рубки и до вахтенного. Даны величины допустимых усилий, требуемых для перемещения органов управления. Обращено внимание проектировщиков на возможность использования на скоростных судах органов управления, приводимых в движение с помощью ножных педалей, рычагов и т.п.

Следующий раздел содержит указания к усовершенствованию рабочего места и кресла судоводителя. Обращено внимание на выбор рабочей позы, определены размеры рабочего кресла, подставок для ног, подлокотников. Обязательным условием, обеспечивающим оптимальную рабочую позу судоводителя, является наличие возможности распрямления спины и ног. Спинка кресла не должна жестко закрепляться к сидению, а иметь возможность фиксации под углом, изменяющимся по желанию водителя. Следует предусмотреть возможность изменения положения сидения по высоте; кресло должно иметь также виброгасящую опору. В разделе приводятся указания о размерах сидения и спинки рабочего кресла в соответствии с антропометрическими данными судоводителя.

В последнем разделе содержатся указания относительно учета требований технической эстетики при разработке рубок и их оборудования. Обращается внимание на создание в интерьере рубки цветового комфорта, окраски движущихся частей в более яркие тона по сравнению с неподвижными, указывается на необходимость применения материалов с матовыми или полуматовыми покрытиями на панелях пульта для устранения зрительного утомления и др.

Следует ожидать, что выпуск «Методических указаний по эргономическому усовершенствованию пульта управления в рулевой рубке скоростных судов» будет способствовать дальнейшему улучшению конструкции рубки этих судов, повышению их эксплуатационных характеристик.

УДК 621.436

Куропятник А.

Национальный университет «Одесская морская академия»

Обеспечение экологических характеристик работы судовых дизелей

Обеспечение экологической безопасности энергетических установок (в том числе и судовых) является одним из важнейших инженерно-технических направлений, развитию которого уделяется повышенное внимание [1].

Ухудшение экологии воздушной и морской среды, наблюдаемое в настоящее время, приводит к необходимости ужесточения норм на токсичные выбросы, прежде всего от транспортных средств, в которых определенное место занимают судовые энергетические установки и в первую очередь двигатели внутреннего сгорания (ДВС).

ДВС дают значительное количество выбросов, приводящих к химическому и тепловому загрязнению окружающей среды. ДВС морских судов загрязняют атмосферу вредными веществами, выбрасываемыми с отработавшими газами (ОГ), картерными газами и топливными испарениями. При этом 95...99 % вредных выбросов ДВС приходится именно на ОГ, которые представляют собой аэрозоль, состав которой зависит от режима работы двигателя.

Первое место среди вредных выбросов практически на всех режимах работы дизелей, в независимости от их типа, класса, размеров и конструктивных особенностей занимают окислы азота (NO , NO_2) и диоксид серы (SO_2), которые пагубнее других «газовых» примесей влияют на окружающую среду.

Доля окислов азота в суммарных выбросах составляет 30...80% по массе и 60...95% по эквивалентной токсичности.

Таким образом, снижение выбросов оксидов азота NO_x с отработавшими газами судовых дизелей является одной из самых актуальных задач, стоящих перед исследователями в области повышения экологической безопасности судовых энергетических установок [2].

Для судовых дизелей разработаны различные способы снижения концентрации NO_x в отработавших газах. К ним относятся селективная каталитическая и селективная не каталитическая очистка (SCR и SNCR – Selective Catalytic Reduction и Selective No Catalytic Reduction), рециркуляция отработавших

газов (EGR – Exhaust Gas Recirculation), применение системы впрыска воды (Water Injection System –WIS), применение двойного впрыска, совершенствование топливной аппаратуры, применение топливных присадок, оптимизация рабочего процесса.

Метод селективной каталитической очистки является самым эффективным способом улучшения экологических характеристик судовых дизелей. Однако данный метод эффективно может быть использован лишь для вновь строящихся судов, поскольку переоборудование уже установленных дизелей на работу с системой SCR в комплексе с высокой себестоимостью SCR-реактора делает его нецелесообразным.

В мировой практике для сокращения выбросов NO_x второй по распространенности после селективного каталитического восстановления находится технология селективного некаталитического восстановления (SNCR-технология). Отличительной особенностью указанной технологии является способность к избирательному взаимодействию с NO_x и высокая эффективность очистки газов (порядка 80...90 %).

Рециркуляция отработавших газов (EGR – процесс) основана на перепуске отработавших газов перед турбокомпрессором из выпускного ресивера в систему продувочного воздуха. Принципиальная схема системы EGR показана на рисунке 1 [3].

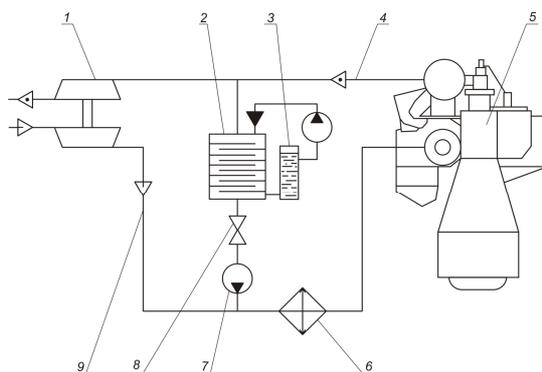


Рис. 2. Принципиальная схема рециркуляции выпускных газов:

- 1 – газотурбонагнетатель; 2 – скруббер; 3 – водяная цистерна;
- 4 – газовая магистраль; 5 – главный двигатель; 6 – охладитель наддувочного воздуха; 7 – насос подкачки газов; 8 – клапан; 9 – воздушная магистраль

Электрический высоконапорный нагнетатель прокачивает отработавшие газы через водяной скруббер (газоочиститель) в высоконапорный ресивер продувочного воздуха. Скруббер охлаждает газы, одновременно удаляя SO_x и твердые частицы за счет их промывки, прежде чем повторно направить их в камеру сгорания. Конечный результат по снижению выбросов NO_x достигается благодаря замещению части кислорода углекислым газом (CO_2), в результате чего из-за замедления процесса сгорания снижается максимальный пик температуры.

При переоборудовании дизелей, находящихся в эксплуатации, на использование данного способа снижения эмиссии NO_x , приходится решать не только конструктивные задачи, но и перерабатывать характеристики газо-

турбокомпрессора (ввиду изменения весовых характеристик газов, идущих к газовой турбине, и смеси воздух-рециркуляционный газ, поступающей в цилиндр).

Большое количество исследований, направленных на снижение эмиссии NO_x , так или иначе, связано с использованием в рабочем процессе пресной воды. При этом вода может подаваться в продувочный ресивер, впрыскиваться непосредственно в цилиндр дизеля, либо подаваться топливным насосом высокого давления совместно с топливом в виде водотопливной эмульсии. Однако, данный способ имеет наиболее неоднозначные оценки как проектантов, так и эксплуатационников, а положительные результаты по улучшению экологических характеристик ДВС нивелируются ухудшением технического состояния его цилиндро-поршневой группы и топливной аппаратуры.

Увлажнение воздуха путем впрыскивания воды в воздушный (продувочный) ресивер позволяет существенно снизить содержание NO_x в отработавших газах. При впрыскивании воды в воздушный ресивер образовывается хорошо подогретая гомогенная смесь. Так как масса паров воды мала по сравнению с массой воздуха, то она не может существенно уменьшить температуру в момент впрыска топлива, и период задержки воспламенения остается постоянным, обеспечивая тем самым заданную топливную экономичность.

Из методов снижения эмиссии NO_x , основанных на применении воды, для эксплуатируемых дизелей наиболее приемлемым является впрыскивание воды в воздушный ресивер, вследствие относительно небольших капиталовложений и достаточно приемлемых результатов.

Еще одним из приемлемых способов снижения эмиссии NO_x является качественное улучшение процесса сжатия. Если считать, что выпускные органы газообмена закрываются одновременно с продувочными, то степень сжатия может быть увеличена изменением геометрических характеристики камеры сгорания. Показатель политропы сжатия может быть повышен за счет интенсификации процесса охлаждения элементов цилиндро-поршневой группы. Данный способ является одним из оптимальных для дизелей, находящихся в эксплуатации, поскольку не требует дополнительного дооборудования двигателя, а, учитывая периодические моточистки, может использоваться как в варианте изменения геометрической степени сжатия, так и в варианте изменения режима охлаждения.

Проблема токсичности отработавших газов судовых дизелей должна решаться не односторонне, а обязательно с экономическим аспектом, т.е. в первую очередь должны получить распространение способы и устройства, не снижающие топливную экономичность двигателя.

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, May 2016. – Vol. 9. – Iss. 20. – P. 208-216. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i20/94490.

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, 2016. – Vol.13. – Iss. 2. – P. 200-208. DOI: 10.3844/ajassp.2016.200.208

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

УДК 620.193:621.181

Акимов А.В.

Херсонская государственная морская академия

Относительные показатели снижения токсичности дымовых газов при сжигании водомазутных эмульсий в судовых котлах

При сжигании водомазутных эмульсий (ВМЭ) в судовых котлах необходимо учитывать не только водосодержание W^r , но и дисперсные характеристики получаемой эмульсии. Концентрация NO_x имеет максимум в области размеров дисперсной фазы 35...43 мкм. Минимальные концентрации сажистых частиц (СЧ) соответствуют максимальному значению концентраций NO_x, что объясняется некоторым увеличением температуры факела за счет интенсификации процесса горения при наибольшем числе микровзрывов капель ВМЭ. При больших размерах дисперсной фазы происходит снижение температуры факела вследствие балластирования зоны активного горения парами воды. Оптимальный размер дисперсной фазы будет зависеть также и от дисперсности распыления топлива форсунками. Эта взаимосвязь была подтверждена экспериментально. Большие размеры топливных капель приводят к смещению экстремумов кривых СЧ, бензапирена (БП) и NO_x в область больших значений диаметров капель дисперсной фазы. Так как использование конденсационных поверхностей нагрева имеет большое значение для повышения КПД котельных установок, представляет также интерес влияние конденсата (воды, кислоты) и загрязнений на низкотемпературных поверхностях нагрева (НТПН) на процессы превращения NO_x в газоходе котлов и в атмосфере на количество SO₂ в дымовых газах, т.е. необходимо оценить экологические показатели в котлах при сжигании ВМЭ при условии прохождения нитрозного механизма образования H₂SO₄ в слое загрязнений.

Имеющиеся литературные данные, а также проведенные исследования и анализ полученных результатов показывают, что эффективность технологий сжигания топлив, приводящих к снижению эмиссии загрязняющих веществ (ЗВ), интенсивность их абсорбции конденсатом, появляющимся на низкотемпературных поверхностях нагрева с температурой стенки ниже точки росы паров, можно оценить по снижению абсолютных количеств содержания NO_x, SO_x, СЧ и БП.

Принято осуществлять оценку эффективности систем газоочистки по степени очистки газов от *n*-го ЗВ $\gamma_{n W^r_i}$, которая характеризует эффективность

(степень совершенства) улавливания ЗВ конденсационной поверхностью нагрева при сжигании ВМЭ в судовых котлах с разным водосодержанием W^r :

$$\gamma_{n W^r_i} = \frac{M_{\text{ул}}}{M_{\text{вх}}} = \frac{M_{\text{вх}} - M_{\text{вых}}}{M_{\text{вх}}} = \frac{C_{\text{вх}} V_{\text{вх}} - C_{\text{вых}} V_{\text{вых}}}{C_{\text{вх}} V_{\text{вх}}} = \frac{C_{\text{вх}} G_{\text{вх}} - C_{\text{вых}} G_{\text{вых}}}{C_{\text{вх}} G_{\text{вх}}},$$

однако для определения степени очистки абсолютные количества (концентрации $C_{\text{вх}}$ и $C_{\text{вых}}$ или объемный (массовый) расход $V_{\text{вх}}(G_{\text{вх}})$ и $V_{\text{вых}}(G_{\text{вых}})$ на входе и на выходе) находить не обязательно, достаточно знать их соотношение $C_{\text{вх}}/C_{\text{вых}}$, $V_{\text{вх}}/V_{\text{вых}}$, $G_{\text{вх}}/G_{\text{вых}}$. Тогда эффективность систем по степени очистки газов от n -го ЗВ $\gamma_{n W^r_i}$ можно оценить по выражению

$\gamma_{n W^r_i} = \left(C_{n W^r_i}^{\text{до НТПН}} - C_{n W^r_i}^{\text{за НТПН}} \right) / C_{n W^r_i}^{\text{до НТПН}}$, где $C_{n W^r_i}^{\text{до НТПН}}$ и $C_{n W^r_i}^{\text{за НТПН}}$ – концентрации ($\text{мг}/\text{м}^3$) n -го ЗВ в дымовых газах до и за конденсационной НТПН при i -ом водосодержании ВМЭ.

Также представляет интерес и определение коэффициента проскока $K_{\text{пр}}$, который используется для сравнения относительного содержания ЗВ в дымовых газах до и за конденсационной НТПН при сжигании ВМЭ с разным W^r . Для определения $K_{\text{пр}}$ пользуются выражением $K_{\text{пр}} = 1 - \gamma_{n W^r_i}$.

Показатель эффективности технологий $\chi_{\text{техн.оч.}}$ сжигания безводного топлива и ВТЭ с разным водосодержанием можно оценить с помощью выражения $\chi_{\text{техн.оч. } n} = C_{n W^r=2\%}^{\text{до НТПН}} / C_{n W^r_i}^{\text{до НТПН}}$, где $C_{n W^r_i}^{\text{до НТПН}}$ и $C_{n W^r=2\%}^{\text{до НТПН}}$ – концентрации ($\text{мг}/\text{м}^3$) n -го ЗВ в дымовых газах до и за конденсационной НТПН при i -ом водосодержании ВТЭ и при сжигании стандартного топлива с $W^r = 2\%$.

Результаты расчетов степени очистки газов от сажистых частиц $\gamma_{\text{сч } W^r_i}$ по этой методике, соответствующие им значения коэффициента проскока $K_{\text{пр}}$ при сжигании стандартного топлива и ВМЭ, а также показатель эффективности технологий сжигания безводного топлива и ВМЭ с разным W^r представлены на рис. 1.

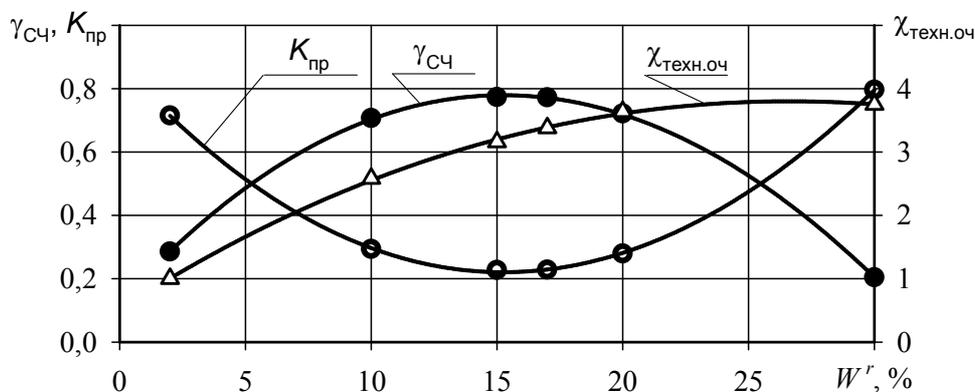


Рис. 1. Зависимости $\gamma_{\text{сч } W^r_i}$, $K_{\text{пр}}$ и $\chi_{\text{техн.оч.}}$ для конденсационной НТПН при сжигании ВМЭ с водосодержанием от 2 до 30 %

Учитывая определяющее влияние содержания NO_2 в потоке газов в атмосфере как без установки конденсационного водяного экономайзера (КВЭ), так и с КВЭ (т.е. при наличии конденсационной поверхности) на величину суммарной токсичности Φ_Σ , предлагается в качестве обобщающего критерия принять общую относительную степень очистки от NO_x не по сумме NO и NO_2 или отдельно по каждому из компонентов NO_x , а уже по величине Φ_Σ в атмосфере в результате превращений NO в NO_2 .

Величина конденсационной поверхности экономайзера на котле, которая составляла $F = 46 \text{ м}^2$ при 50 % нагрузке котла и $F = 32 \text{ м}^2$ при 100 % нагрузке котла, при одинаковом изменении температуры поверхности от 29 до 50 °С (т.е. при температурах ниже температуры точки росы водяных паров при сжигании природного газа), обеспечивает разные степени очистки газов от NO_x . Поэтому представляет интерес оценка удельной поглощающей способности конденсата на 1 м^2 НТПН при существующих условиях, которую можно определить по формуле $\Delta\gamma''_{\text{уд}} = \gamma_i / F_j, \text{ м}^{-2}$.

Зная величины удельной поглощающей способности можно оценить необходимые значения величины конденсационной поверхности (см. табл.1). Такое увеличение конденсационной поверхности возможно осуществить только при глубоком охлаждении дымовых газов, что возможно при снижении интенсивности НТК вследствие пассивации поверхности металла оксидами азота при сжигании ВТЭ с $W^r = 30 \%$, что подтверждается результатами экспериментальных исследований. Но такое увеличение поверхности возможно при одинаковых с рассмотренными условиями процессов конденсации и абсорбции NO_x : расходе газов, температурах газов и конденсационной поверхности, влажности газов, интенсивности растворения NO_2 в конденсате. Такие условия можно создать только в случае применения скрубберных технологий при подаче на их насадку охлажденной воды, что позволяет одновременно конденсировать водяные пары из дымовых газов, а затем использовать теплоту их конденсации. Возможность снижения температуры поверхности металла ниже ТТР серной кислоты вплоть до 70...80 °С и создания на этой поверхности пленки конденсата без усиления НТК позволяет увеличить общую (суммарную) конденсационную поверхность также за счет внутренних поверхностей газоходов и таким образом улучшить экологические показатели работы вспомогательных котельных установок при сжигании водомазутных эмульсий.

В качестве критерия оценки удельной превращающей способности конденсата на 1 м^2 низкотемпературной поверхности нагрева принимаем значения отношения прироста NO_2 в конденсате к одновременной убыли NO , отнесенного к 1 м^2 .

При сжигании ВМЭ с $W^r = 30 \%$ для абсорбции необходимо превращение меньшего количества NO в NO_2 , т.к. уже после топки получено отношение NO_2 / NO на уровне 0,35.

В соответствии с вышеизложенной методикой можно оценить величину коэффициента относительной очистки дымовых газов при сжигании серни-

стых жидких топлив в топках или камерах сгорания по степени превращения NO_2/NO , по показателю токсичности Φ_{Σ} , а также по содержанию SO_2 .

Так, при сравнении технологий сжигания дизельного топлива, стандартного мазута М40 и ВМЭ на его основе, при подводе пара к корню факела количества водяного пара, эквивалентного содержанию воды в топливе от 2 до 30 %, получены значения относительного коэффициента очистки по NO_x $\gamma_{\text{диз}}^{\text{NO}_x}$ и по SO_2 $\gamma_{\text{диз}}^{\text{SO}_2}$, а также удельная превращающая способность конденсата на 1 м^2 низкотемпературной поверхности нагрева и показатели теоретического 100 % перехода NO в NO_2 при сжигании мазута и ВМЭ (при 50 % и 100 % нагрузке котла).

Сравнение рассматриваемых технологий сжигания мазута марки М40 и ВМЭ по очистке дымовых газов от токсичных ингредиентов показывает, что применение мазута в виде водомазутной эмульсии обеспечивает очистку по NO_x примерно в 4,6 раза эффективнее технологии подвода воды к корню факела, а очистка по SO_2 эффективнее примерно в 1,55 раза.

УДК 621.431.74

Проценко В.О., Клементьева О.Ю.
Херсонська державна морська академія

Перспективи застосування канатних муфт для підвищення ремонтпридатності суднових дизельних установок

В структурі витрат на перевезення вантажів річковим та морським транспортом значне місце належить витратам на технічне обслуговування та ремонт енергетичних установок. В той же час, одним із найбільш навантажених елементів енергетичних установок є муфти, їх конструкція та ремонтпридатність зазвичай визначає зміст технологічного процесу технічного обслуговування всього приводу.

Елементи суднових енергетичних установок з приводом від дизеля часто оснащуються муфтами з неметалевими пружними елементами [1]. Одним із лідерів у виробництві таких муфт є фірма «Vulkan», що випускає найрізноманітніші конструкції [2].

Муфти з гумовими та гумово-тканевими пружними елементами характеризуються поряд зі своїми перевагами [3] також рядом недоліків. В якості ілюстрації наведемо приклад двомашинної двовальної пропульсивної установки балкера проекту 2-95А/В. Кожен гребний гвинт у цій установці отримує енергію від головного двигуна Skoda 6L27,5IPN максимальною потужністю 515 кВт, через реверс-редуктор VSR10. Вихідний вал реверс-редуктора 1 (рис. 1), що робить до 300 об/хв, сполучений з проміжним валом 2 муфтою Vulkan, оснащеною двома гумовими мембранами 3. Не зважаючи на початкову центровку муфт, через деформацію корпусу судна, муфти працюють в умовах значних неспіввісностей, що можуть сягати кількох міліметрів, тому гумові мембрани нагріваються за рахунок деформацій від неспіввісності. Такі умови роботи та

низький коефіцієнт теплопровідності (0,25...0,30 Вт/(м×К)) матеріалу мембран призводить до їх перегрівання та руйнування (рис. 2).

Заміна пружних елементів муфти вимагає не тільки її демонтажу, а й підняття кришки реверс-редуктора та упорного підшипника, а також демонтажу проміжного валу (рис. 3). При цьому середня трудомісткість відновлення муфти визначена методом хронометражу складає близько 500...530 хв, що підтверджує низьку ремонтпридатність, джерелом якої є конструктивна недосконалість самої муфти Vulkan. З огляду на це, створення муфт, що мають просту ремонтпридатну конструкцію та здатні ефективно відводити тепло від пружних елементів становить актуальну задачу для організації експлуатації та ремонту засобів транспорту.

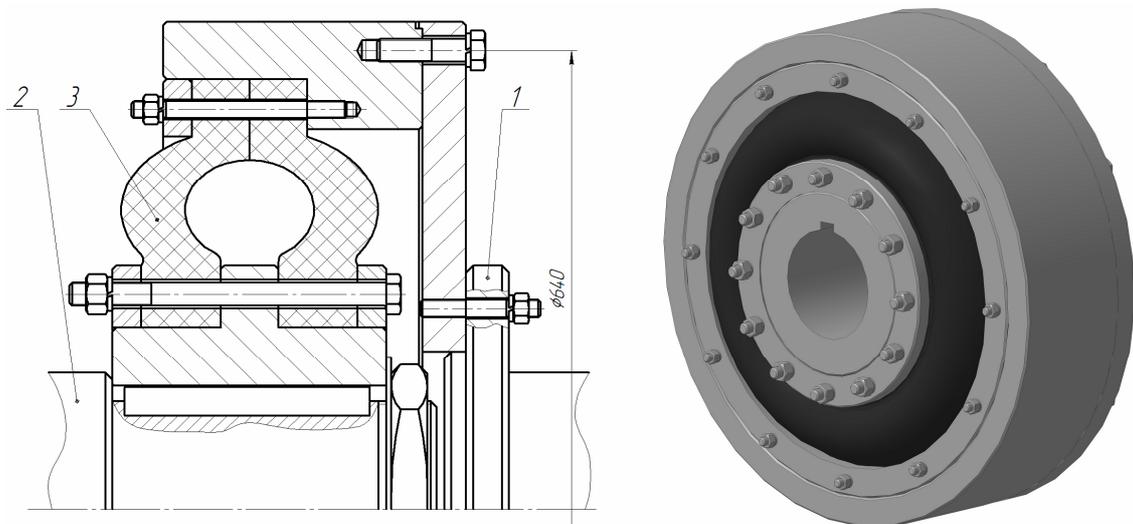


Рис. 1. Загальний вид базової муфти Vulkan



Рис. 2. Зруйнований пружний елемент базової муфти

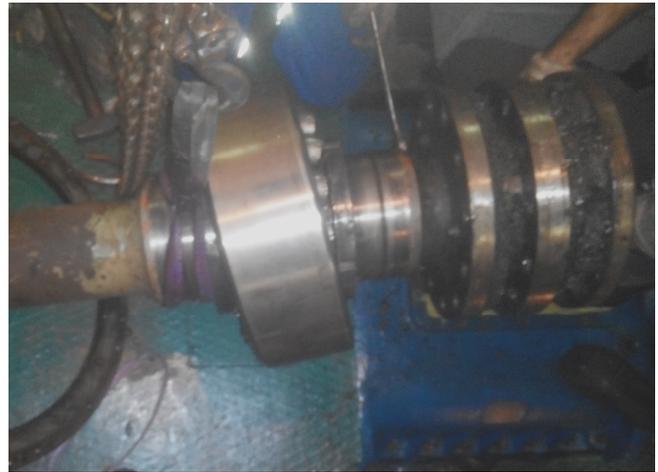
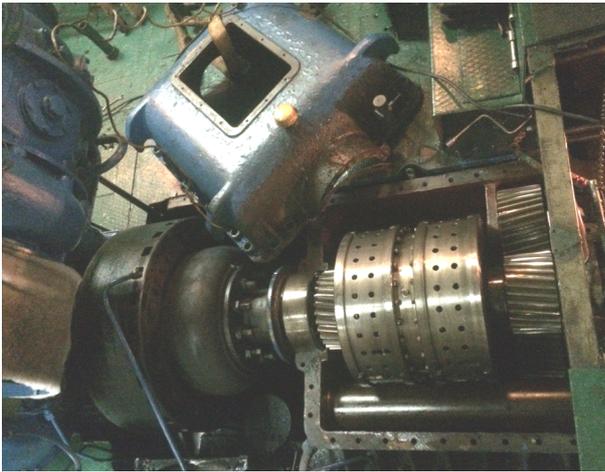


Рис. 3. Етапи заміни пружного елемента базової муфти (знімання кришки реверс-редуктора та демонтаж проміжного валу)

Серед пружних елементів що мають значне демпфування та здатність до відведення тепла, що виділилося в результаті поглинання коливань, можна назвати сталеві канати. Ці вироби здатні до розсіяння енергії за рахунок тертя дротин та мають коефіцієнт теплопровідності властивий для сталі на рівні $30 \text{ Вт}/(\text{м}\times\text{К})$, тобто відводять тепло в багато разів краще ніж гумові елементи. Разом з тим, канати широко розповсюджені та масово виготовляються промисловістю. Авторами розроблена гамма конструкцій муфт оснащених сталевими канатами, причому для установки в приводах великої потужності найбільш досконаліми визнані муфти в яких несівні канати встановлені в торцевій площині напівмуфт, оскільки вони не створюють осьового навантаження на сполучені вали. Зокрема авторами розроблено муфту з канатними пружними елементами, що здатна замінити базову муфту Vulkan пропульсивної установки балкера проекту 2-95A/R. Устрій нової муфти зрозумілий з рис. 4. Вона може бути виготовлена з використанням елементів базової напівмуфти. Особливістю цієї муфти є застосування в якості пружного елемента одного відрізка каната, що закріплений у пальцях, які встановлені в отворах ведучої та веденої напівмуфт у шаховому порядку. При цьому утворюється кількість несівних ділянок каната вдвічі більша ніж кількість пальців у кожній напівмуфті. Половина цих ділянок працює при прямому обертанні муфти і відповідно половина – при реверсному. Канат закріплений у пальцях гвинтами, що встановлені в їх осьові різьбові отвори. Підвищення ремонтпридатності в такій конструкції муфти передбачається забезпечити за рахунок застосування пальців із відкритими пазами в які послідовно може закладатися канат. Така конструкція муфти не потребує демонтажу напівмуфт при заміні каната. Технологія заміни каната в такій муфті достатньо проста і потребує початкового закріплення каната у двох суміжних пальцях ведучої і веденої напівмуфт, після чого муфту можна повертати валоповоротним пристроєм, закріплюючи канат у інших пальцях.

Авторами розроблено методику розрахунку та сконструйовано муфту з канатними пружними елементами для заміни муфти Vulkan. Розрахунок показав, що її достатньо оснастити канатом 6×19 діаметром 6,2 мм ГОСТ 2688 із розри-

вним зусиллям 19250 Н (маркувальна група 1570 МПа), що закріплюється у шести пальцях ($z = 6$) кожної напівмуфти. Укрупнене визначення часу на заміну каната у пропонованій муфті із використанням нормативів [4] показало, що для виконання цієї операції необхідно витратити близько 150 хв. часу. Базова муфта Vulkan потребує для заміни двох мембран близько 530 хв., що наочно демонструє підвищення ремонтпридатності муфти з канатними пружними елементами і перевагу її порівняно із базовою конструкцією муфти пропульсивної установки балкера проекту 2-95A/R.

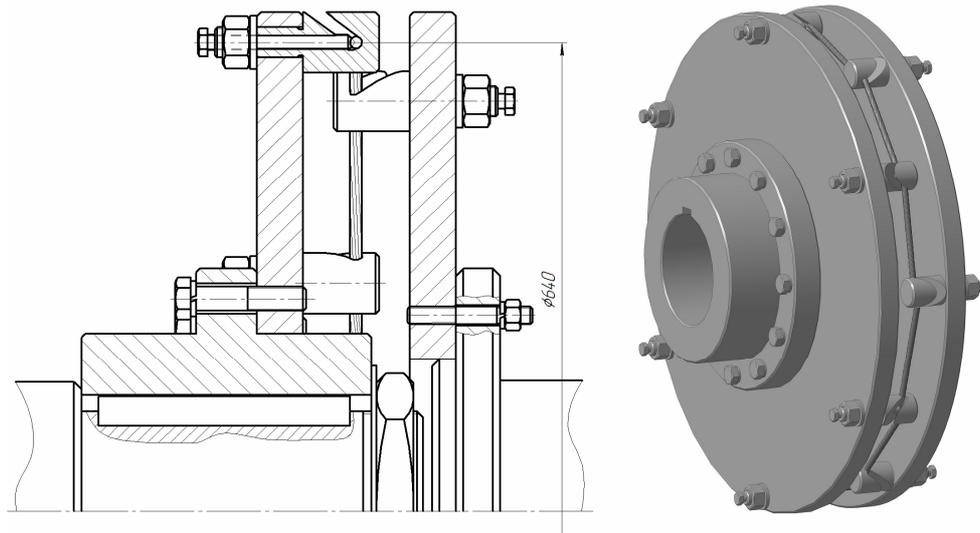


Рис. 4. Загальний вид муфти з канатними пружними елементами

Для оснащення нереверсивних головних та допоміжних двигунів розроблено конструкцію муфти з тангенціально розташованими канатами та методика оцінки їх параметрів [5]. З метою ілюстрації перспектив використання результатів наведених теоретичних досліджень було виконано розрахунок муфти з торцевими канатами тангенціального розташування для сполучення дизеля MTU12V4000 (рис. 5) з електрогенератором на заміну базової муфти Vulkan Vulastik (рис. 6, а). Номінальний момент дизеля, який передає муфта $T = 8917$ Нм. Розрахунок показав, що в новій муфті достатньо застосовувати $z = 12$ канатів 6×19 ГОСТ 2688 діаметром $d_k = 7,6$ мм.

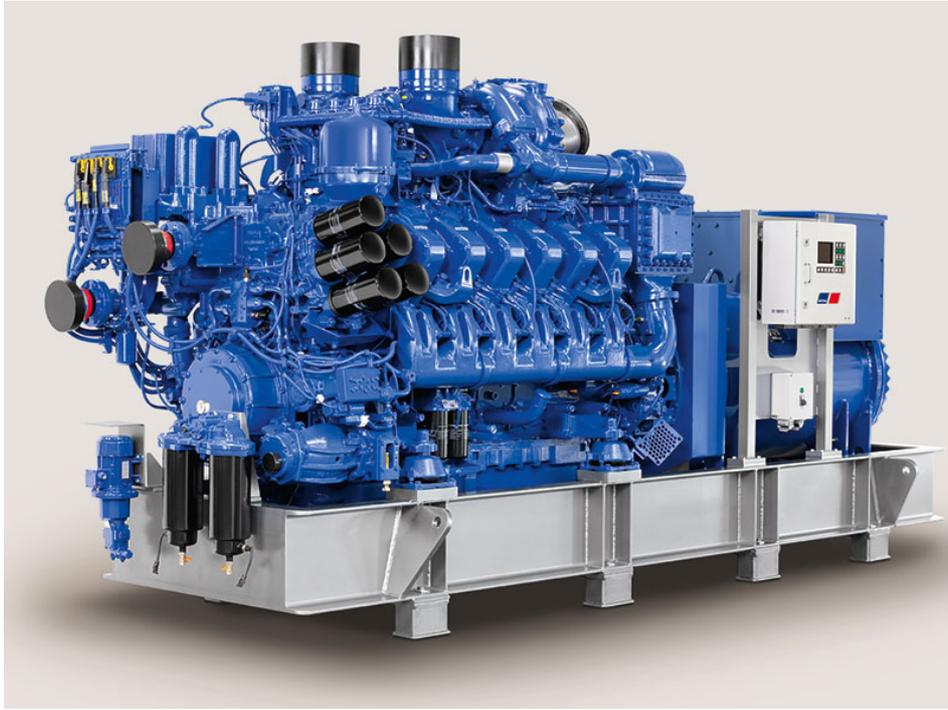


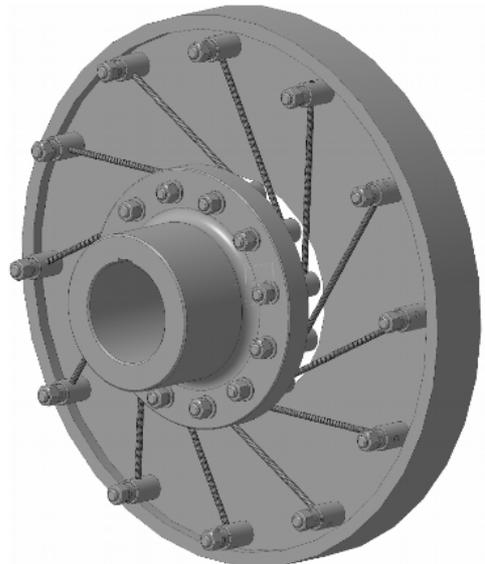
Рис. 5. Дизель-генератор на базі двигуна MTU12V4000

Розроблена муфта (рис. 6, б) не потребує ведучої напівмуфти, оскільки кріпильні елементи для канатів можуть закріплюватися безпосередньо на маховику дизеля в різьбових отворах. Очевидно, що конструкція муфти допускає охолодження канатів за рахунок обдуву їх потоком набігаючого повітря.

Описані конструкції запатентовані, авторами виготовлені дослідні зразки муфт, що при випробуваннях в лабораторних умовах продемонстрували працездатність.



а)



б)

Рис. 6. Базова муфта Vulkan Vulastik (а) та муфта з канатними пружними елементами (б) для сполучення двигуна MTU12V4000 з генератором

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пахомов Ю.А. Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания. - М.: ТрансЛит, 2007. - 525 с.
2. Справочник по муфтам / О.А. Ряховский, С.С. Иванов. – Л.: Политехника, 1991. – 384 с.
3. Малащенко В.О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунків / В.О. Малащенко. – Львів: Видавництво національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 208 с.
4. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин. Мелкосерийное и единичное производство. – Изд. 2-е. – Москва : Машиностроение, 1974. – 220 с.
5. Проценко В.О. Особливості компоновки муфт з торцевою установкою канатів тангенціального розташування / В.О. Проценко, О.Ю. Клементьева // Вісник Національного технічного університету «ХП». Тем вип.: Проблеми механічного приводу. – Харків: НТУ «ХП». – 2016. - №. 23 (1195) – С. 134-137.

УДК 621.436.013.43.038:629.5

Княжковский С.М., Половинка Э.М.

Национальный университет «Одесская морская академия»

Рабочие процессы двигателей на альтернативных сортах топлива

Introduction

Для удовлетворения все более жестких требований к выбросам двигателей с альтернативными газообразными топливами.

В настоящее время широко используются двигатели внутреннего сгорания, использующие природный газ и синтез-газ, которые являются экологическими газами. Во многих ситуациях, когда цена на нефтяное топливо возрастает, синтетический газ, например, может обеспечить экономически жизнеспособное решение. Синтез производится путем газификации твердого топлива, такого как уголь или биомасса. Газификация биомассы означает неполное сгорание биомассы, приводящее к образованию горючих газов. Синтез состоит приблизительно из 40% горючих газов, главным образом окиси углерода (CO), водорода (H₂) и метана (CH₄). Остальные - n горючих газов и состоят в основном из азота (N₂) и двуокиси углерода (CO₂). Могут присутствовать различные соотношения CO₂, H₂O, N₂ и CH₄.

H₂ как основной компонент синтез-газа обладает очень чистыми характеристиками горения, высокой скоростью распространения пламени и широкими пределами воспламеняемости. H₂ имеет скорость ламинарного горения примерно в восемь раз большую, чем скорость природного газа, что обеспечивает сокращение продолжительности сгорания и, как следствие, увеличение эффективности двигателей внутреннего сгорания (ИС), если содержание H₂ в газооб-

разном топливе увеличивается. Основным интересом, представляющим интерес для увеличения содержания H₂ в газообразном топливе, состоит в том, что с добавлением H₂ обедненный предел газовой операции может быть расширен, не вдаваясь в зону скудного отсева. Сжигание сухой смеси имеет большой потенциал для достижения более высокой тепловой эффективности и более низких выбросов [5]. В частности, сжигание обедненной смеси приведет к низким и даже очень низким уровням NO_x при незначительном увеличении количества углеводородов.

Conventional micro-pilot injected dual-fuel combustion

Экспериментальная процедура и условия

В этом исследовании использовался четырехтактный одноцилиндровый двигатель с водяным охлаждением, два впускных и два выпускных клапана. В этом двигателе самовоспламенение небольшого количества дизельного пилотного топлива (2 мг / цикл), впрыскиваемого в камеру сгорания перед верхней мертвой точкой, инициирует сгорание. Горящее дизельное топливо затем зажигает газообразное топливо. Пилотным топливом было дизельное топливо со сверхнизким содержанием серы (<10 ppm). Был изменен промышленный инжектор соленоидного типа, который обычно используется для дизельных операций. Сопло коммерческого инжектора с семью отверстиями было заменено на одно с четырьмя отверстиями диаметром 0,1 мм для обеспечения небольшого количества закачиваемого топлива.

Время впрыска дизельного топлива и продолжительность впрыска контролировались по сигналам. Для обеспечения постоянного давления впрыска в инжектор применялась система впрыска Common Rail (ECD U2-P, Denso Co.). Давление в общем распределителе устанавливалось и контролировалось с помощью компьютера. Давление впрыска топлива варьировалось от 40 до 150 МПа, а количество впрыскиваемого пилотного дизельного топлива составляло 2 мг / цикл и 3 мг / цикл.

История изменения давления в цикле сгорания в баллоне измерялась с помощью преобразователя давления KISTLER-6052C в сочетании с датчиком угла поворота на 0,5 ° для определения положения поршня. Скорость теплоотдачи (ROHR) рассчитывалась с использованием этого уравнения:

$$\frac{dQ}{d\theta} = \frac{\gamma}{\gamma-1} p \frac{dV}{d\theta} + \frac{1}{\gamma-1} V \frac{dp}{d\theta}$$

где θ - угол поворота коленчатого вала (CA), p - давление в цилиндре при заданном углу поворота коленчатого вала, V - объем цилиндра в этой точке и γ - удельный коэффициент теплоты. ROHR представляет скорость высвобождения энергии из процесса горения. Переход горения с первой стадии (медленное распространение пламени) на вторую ступень (самовоспламенение отходящего газа) идентифицируется из ROHR. Выбросы CO и NO_x измерялись с помощью четырехкомпонентного анализатора Horiba PG-240, дым измерялся с

помощью дымомера Horiba MEXA-600, а выбросы HC измерялись с помощью Horiba MEXA-1170HFID.

PREMIER micro-pilot ignited dual-fuel combustion

Концепция сжигания PREMIER

Перед тем, как дать описание PREMIER, необходимо объяснить различия феноменологического плана между обычным сгоранием и детонационным режимом горения в двухтопливном двигателе. Обычное сжигание представляет собой процесс сжигания, который инициируется заправленным пилотом воспламененным топливом и в котором многопламенные фронты, вызванные множеством центров зажигания пилотного топлива, полностью перемещаются через камеру сгорания равномерно с нормальной скоростью. Детонационное сгорание представляет собой процесс сжигания, в котором часть или весь заряд может потребляться (самовоспламеняться) в области конечного газа с чрезвычайно высокими скоростями. Многочисленные свидетельства самовозгорания конечной газовой смеси с последующим детонационным сгоранием могут быть получены с помощью высокоскоростных лазерных теневых графов, высокоскоростной шпиренской фотографии, хемилюминесцентного излучения и лазерной флуоресценции. Кроме того, Stiebels et al. и Pan and Sheppard показали, что во время детонационного режима горения происходит множественное самовоспламенение. Наблюдаемый нами режим горения, как мы полагаем, отличается от детонационного сгорания с точки зрения размера, градиентов и пространственного распределения экзотермических центров в конечном газе. Эта концепция сжигания получила название PREMIER сгорания.

PREMIER combustion detection (Natural gas)

Циклические изменения и БПФ внутреннего давления в цилиндре

Периодические изменения давления в цилиндре во время обычного, PREMIER и детонационным режимом горения природным газом идентифицируются путем зачеркивания 80 циклов измеренного давления следа. Из рисунка 5 видно, что колебания давления от цикла к циклу присутствовали во всех рассматриваемых случаях и варьировались в зависимости от времени впрыска θ_{inj} . Следует отметить, что при нормальных условиях горения величина пикового давления (которая напрямую связана с выходной мощностью) зависит от θ_{inj} , а P_{max} выше для продвинутого θ_{inj} . К сожалению, преимущество этого пикового повышения давления компенсируется недостатками повышенной флукутации и возникновения стука.

Conclusion

Новый режим сжигания PREMIER в двухтопливном двигателе, работающем на природном газе, синтез-газе и водороде, был исследован с помощью опытов с двигателем. Из этого исследования можно сделать следующие выводы:

Горение PREMIER объединяет две основные стадии тепловыделения: первый - распространение пламени газообразного топлива, а второй - самовоспламенение конечной газовой смеси. Второй этап можно в основном контролировать с помощью пилотного времени впрыска топлива, коэффициента эквивалентности газообразного топлива и скорости EGR. Время задержки для самовоспламенения смеси в области конечного газа определяется как время от начала разработки ядра до точки перехода, где более низкая скорость горения (распространение пламени) изменяется на более высокую скорость горения (самовоспламенение). Было обнаружено, что скорость максимального повышения давления возрастает с уменьшением запаздывания зажигания второй ступени. Горение ПРЕМЬЕР наблюдалось для природного газа и всех типов синтез-газа, исследованных в этой статье. Этот тип сгорания может улучшить работу двигателя и повысить эффективность.

-Как в ПРЕМЬЕРЕ, так и при детонационном сгорании с использованием природного газа были обнаружены умеренные и высокие интенсивности радикалов OH^* , соответственно, при длинах волн 286 и 310 нм, когда фронт пламени достигал области определения оптического датчика. При детонационном сгорании радикальные интенсивности эмиссии OH^* были сильнее, чем при горении PREMIER, и при обычном сгорании эти интенсивности излучения едва могли быть обнаружены. Горение PREMIER отличается от детонационного сгорания величинами, градиентами и пространственным распределением экзотермических центров в области конечного газа. Высокочастотные колебания давления в цилиндре не возникали во время режима сжигания PREMIER с использованием природного газа.

- Увеличение доли топливной массы, сжигаемой на второй ступени теплоотдачи, влияет на скорость максимального повышения давления. Когда содержание водорода в синтез-газе увеличивается, можно достичь такой же скорости максимального повышения давления при меньшем количестве массы топливной фракции, сжигаемой на второй стадии, что означает, что повышенное количество водорода в синтез-газе вызывает увеличение средней температуры горения, ИМЕП и NO_x и значительное увеличение выбросов NO_x . Результаты также показывают, что, когда содержание CO_2 в газе достигает 34%, скорость максимального повышения давления, а также средняя температура горения, ИМЕП, тепловой КПД и NO_x уменьшаются, несмотря на увеличение доли топливной массы, сжигаемой на втором этапе. От скорости тепловыделения.

- Для чистого водорода при коэффициентах эквивалентности 0,2, 0,25 и 0,3 без разбавления были обнаружены очень низкие выделения CO и HC . Дальнейшее увеличение коэффициента эквивалентности выше 0,3 привело к детонационному сгоранию. При коэффициенте эквивалентности 0,35 с разбавлением N_2 уровень NO_x значительно уменьшался, но уровень CO увеличивался.

REFERENCES

1. Weaver CS. Natural gas vehicles – a review of the state of the art, SAE Paper, 892133.

2. Nichols RJ. The challenges of change in the auto industry: Why alternative fuels? J Eng Gas Turb Power 1994;116:727-32.
3. Lieuwen T, Yang V, Yetter R. Synthesis gas combustion: Fundamentals and applications. Taylor & Francis Group 2010.
4. Shilling NZ, Lee DT. IGCC-Clean power generation alternative for solid fuels: GE Power Systems. PowerGenAsia 2003.

УДК 621.436.013.43.038:629.5

Кобзарь В.М.

Национальный университет «Одесская морская академия»

Капиллярная очистка нефтесодержащих вод

В 1990 году на кафедре было получено авторское свидетельство на изобретение № 1560278 «Способ очистки воды от эмульгированных нефтепродуктов», а в 1992 году (приоритет изобретения 1989 год) было выдано авторское свидетельство на изобретение №1761206 «Устройство для очистки сточных вод». Данные изобретения были направлены на разработку устройств для очистки судовых нефтесодержащих вод.

Предложенный способ очистки сточных вод заключается в том, что разделение фаз происходит за счет избирательной смачиваемости капиллярной структуры на границе раздела трех фаз (дисперсионная среда - дисперсная среда - капиллярная структура), а транспортировка дисперсной среды (воды) за пределы эмульсии осуществляется в результате ее подъема в капиллярной структуре за счет сил поверхностного натяжения с последующим удалением струей воздуха (см. рис.)

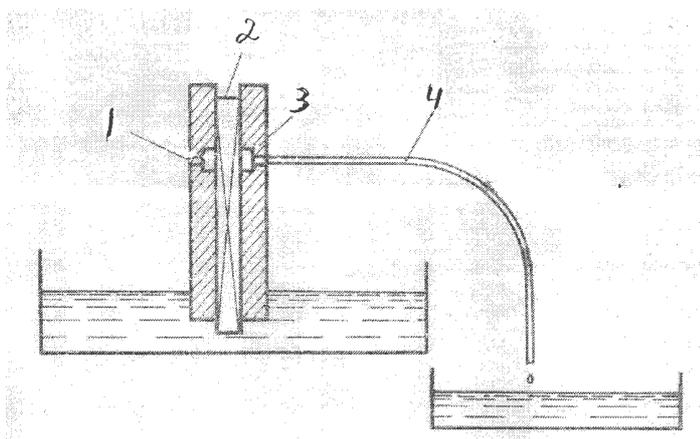


Рис.1. Схема устройства для реализации способа очистки

В предложенном способе очистка воды осуществляется не в объеме пористого материала 2 (рис.1) (как при фильтрации), а на границе раздела фаз (загрязнитель - пористый материал) за счет сил электростатического отталкивания между одноименно заряженными частицами нефтепродукта и поверхностью пористого материала, предварительно смоченной чистой водой и погру-

женного нижней частью на 3-5 мм в емкость с загрязненной водой. Движение воды в пористом материале осуществляется за счет сил поверхностного натяжения, причем пористый материал, который находится между двумя фланцами (3), служит только для транспортировки очищенной воды из объема загрязненной воды с последующим ее удалением струей воздуха (1), проходящего перпендикулярно направлению движения очищенной воды.

Проведенные экспериментальные исследования в лабораторных и судовых условиях показали достаточно высокую эффективность очистки нефтесодержащих вод, причем конечная концентрация нефтепродуктов не превышала 5-7 мг/л и не зависела от начальной (1000 мг/л и более).

Для подтверждения предложенного механизма очистки за счет избирательной смачиваемости был предложен метод обезвоживания нефтепродуктов, только капиллярная структура была предварительно смочена нефтепродуктом. Предварительные исследования проводились на обводненном дизельном топливе и обводненном трансформаторном масле. Это было связано с тем, что при обезвоживании мазутов пришлось бы существенно усложнить установку, т.к. это привело бы к необходимости его нагрева для обеспечения подъема мазута в капиллярной структуре за счет капиллярных сил. Результаты экспериментальных исследований показали очень высокую степень очистки, позволяющую производить очистку до требуемых норм.

Проведение дальнейших исследований в судовых условиях не представилось возможным из-за отсутствия финансирования и заинтересованности руководителей пароходства.

В настоящее время на судах для очистки нефтесодержащих вод в основном используются сепараторы фильтрующего типа, которые имеют существенный недостаток – незначительный ресурс загрузки фильтрующей загрузки.

Следует отметить, вопрос очистки нефтесодержащих вод до настоящего времени окончательно не решен и продолжаются исследования в этом направлении, а также разрабатывают новые приспособления для ликвидации разлива нефти и ее сбора.

Недавно Аргонская национальная лаборатория представила Oleo Sponge — новый тип специальной губки. Базовый материал новой губки — это универсальный пенополиуретан, который отлично подходит для впитывания жидкостей.

Проблема заключается в том, что полиуретановые губки впитывают любую жидкость, то есть не только нефть, но и воду. Для обеспечения удаления с поверхности воды только нефтепродуктов ученые создали тонкий слой олеофильного материала внутри губки, чтобы она впитывала только нефть, т.е. применили предложенный нами механизм очистки за счет использования избирательной смачиваемости

Преимущество губки заключается и в том, что ее можно использовать неоднократно, просто выжимая Oleo Sponge можно снова и снова получать подходящую для очищения воды от нефти губку.

Приведенный материал свидетельствует о перспективности выполнения НИР в данном направлении при условии достаточного финансирования и заинтересованности государственных органов.

УДК 621.436.013.43.038:629.5

Тимків О. В.

Національний університет «одеськая морская академія

Визначення стану вузлів тертя двигуна внутрішнього згорання «Caterpillar – 3516С» з використанням датчика зносу

До найважливіших експлуатаційних факторів, які визначають надійність машин, відноситься якісне технічне обслуговування, куди входять планово-запобіжний та капітальний ремонт, нормативи якого звичайно виявляються за середніми груповими показниками для однойменних типів машин.

Проте для конкретних машин зупинка на ремонт може виявитися передчасною або припізнілою. Передчасна зупинка і розбирання машини або окремих її вузлів негативно впливають на їхню роботу спроможність, оскільки процес притирання повторюється, викликаючи тим самим збільшення люфтів у кінематичних парах. Якщо машину або вузол ремонтують з великим запізненням після надмірного зносу деталей або у разі аварії, то обсяг ремонтних робіт і перестій машини різко збільшуються. Отже, зупинка машини на ремонт зі значним запізненням, а також передчасний ремонт є економічно не вигідними.

Для повного та ефективного використання ресурсу, закладеного в однотипних машинах, необхідно враховувати індивідуальний технічний стан кожної з них, а ремонт виконувати за фактичної потреби, при цьому потрібно враховувати інтервал технічного обслуговування згідно з заводом виробника. У зв'язку з цим щоб технічний стан машини виявлявся без її зупинки та розбирання. Зношування спряжених поверхонь є найбільш характерним видом пошкодження виникає завдання визначення технічного стану машини у будь-який момент часу з метою визначення придатності її для подальшої експлуатації або необхідності технічного обслуговування і ремонту. Причому дуже важливо, більшості деталей та вузлів машин і складає близько 85% усіх відмов. Статистика відмов у механізмах поршневих ГПА показує, що близько 70% витрат на ремонт пов'язане з зносом поршнів та циліндрів двигунів.

Протягом декількох років успішно розвивається метод технічної діагностики машин та агрегатів по аналізу проб мастильного мастила. Організація проведення технічної діагностики по аналізу проб мастила містить такі основні заходи:

- 1) періодичний відбір проб із працюючих ГПА, їхню реєстрацію і посилення до лабораторії;
- 2) лабораторний кількісний аналіз мастила на хімічні елементи, що характеризують зношування деталей, наявність забруднень, стан додатку;

3) інтерпретацію результатів аналізу і видачу висновків про технічний стан основних вузлів агрегату або машини.

В основному контроль їхнього технічного стану відбувається шляхом розбирання, замірів та візуального огляду. Найслабкішим місцем цього методу ТО є великий обсяг робіт по періодичному розкриттю механізмів. Проведений аналіз застосовуваних зараз методів ТО на суднах дозволив виявити ряд недоліків, основним із яких є великий обсяг робіт, зв'язаних з ревізією цілком справних механізмів, проте таких, що потребують проведення цих заходів у відповідності з термінами, зазначеними у документах по ТО та план-графікам. Попередні розрахунки показали, що застосування методів ТД для контролю технічного стану СЕУ без розбирання дозволить на 50-60% скоротити обсяг і вартість робіт по ТО та ремонту цих механізмів. Окрім цього, використання засобів ТД дозволить підвищити надійність та економічність, установлювати оптимальні терміни виконання ТО і ремонту; створює передумови для переведення ТЕ цих механізмів на систему по фактичному стану, який враховує індивідуальні особливості кожного механізму.

Періодично відбираючи проби із системи змащування, якісно та кількісно аналізуючи їх на такі основні елементи, як Fe, Cu, Sn, Pb та ін., що входять до складу деталей пар тертя, можна прослідкувати динаміку зміни концентрації цих елементів-індикаторів зносу і на підставі цього дійти висновку про нормальний хід експлуатації або про його порушення; визначити, який механізм або яка пара тертя в машині працює ненормально; отримати відповідь про можливість подальшої експлуатації машини після аналізу статистичної інформації про кінетику концентрації елементів-індикаторів зносу.

Для контролю стану двигуна використовуються різні електронні програми діагностики (у нашому випадку використовується програма Caterpillar Electronic Technician, модульні лабораторії OSA – діагностика зносу техніки по аналізу мастила).

Попередній метод технічної діагностики має такі позитивні особливості:

- 1) дозволяє без розбирання ГПА в процесі експлуатації на КС здійснювати оцінку швидкостей зносу основних зношуваних груп деталей;
- 2) дає можливість заздалегідь (до початку критичних зносів) інформувати обслуговуючий персонал про виникнення несправностей;
- 3) не потребує спеціальної підготовки ГПА для проведення технічної діагностики;
- 4) має мінімальну трудоемність збирання та реєстрації даних, що не потребує високої кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Для тестування проб мастил OSA використовує дві технології вимірювань: інфрачервону спектроскопію і оптико-емісійну спектроскопію. Додатково у комплекс можуть бути внесені: аналізатор кількості та розміру частинок (клас чистоти) і автоматичний віскозиметр.

Вбудований ІК-Фур'є спектрометр надає кількісну інформацію про роботоспроможність мастила на підставі аналізу його фізичних якостей, а саме: вміст води, ступінь окиснення, домішок антифризу / гликолів, домішок па-

лива, ступінь нітрування (бензинові двигуни), лужне число (TBN) (дизельні двигуни), сажа/нагар (дизельні двигуни), в'язкість (розрахункова).

Система технічного діагностування механізмів на вміст продуктів зношування в мастилі

Призначення системи

Система діагностування призначена для визначення технічного стану відповідальних вузлів механізмів у процесі експлуатації без розбирання, шляхом контролю інтенсивності потрапляння продуктів зношування у мастильне мастило. Система містить в собі набір датчиків, установлених у системи змащування механізмів, та блок, що реєструє (РБ).

Система може бути використана для діагностування вузлів тертя із феромагнітних матеріалів двигунів внутрішнього згорання, компресорів, редукторів, систем гідравліки, газотурбонагнітачів, рульових машин, а також окремих агрегатів та вузлів.

Принцип дії системи

В основу роботи системи покладено спосіб діагностування вузлів тертя за допомоги індуктивних датчиків зносу. Частина датчика, яка обмивається мастилом, має магнітне осердя, що служить для накопичення продуктів зношування, та чутливий елемент, що дозволяє вимірювати їхню кількість. Датчики, виконані у вигляді зашрубків, за допомоги різь стаціонарно можуть установлюватися в трубопроводі системи змащення або кратері механізму (у нашому випадку датчик було встановлено на вході до масляного холодильника Рис.1). Датчики підключаються до РБ за допомоги кабельного шнура. РБ може бути встановлений у центральному посту керування або використовуватися як переносний прилад з періодичним приєднанням до датчиків за допомоги електричного роз'єму.

SHIP'S PARTICULAR

Class		ACCOMMODATIONS	
BV 1XHULLXMACH, Unrestricted Navigation, Tug / Supply Vessel, LHNS, Oil Product, Fi-Fi 1, Water spraying, Special Service, AH, XAUT-UMS, XDynapos-AM/AT R, Cleanship (1), Protected FO Tank, Oil recovery ship.		Accommodations 24 pers Single cabins 10 2 x men cabins Mess room (1), Day rooms (2), Galley (1), OHospital/Sick Bay (1 Berth) Fully air-conditioned	
MAIN PARTICULARS (US)		EQUIPMENT & ELECTRONICS	
(Metric)		DECK EQUIPMENT (US)	
Designer		(Metric)	
Shanghai Design Associates		Windlass (lt/mt) 1 x 10.5	
Builder		1 x 10.7	
Sinopacific		Tugger winches (lt/mt) 1 x 9.8 1 x 10	
Lenght overall (ft/m) 215.71		Capstan (lt/mt) 2 x 4.9 2 x 5	
65.8		Telescopic boom crane [lt/mt] x 1 3	
Breadth moulded (ft/m) 52.49		3	
16		at [ft/m] 52.5 16	
Depth (ft/m) 19.68		AH/Towing Winch	
6		Towing / Anchor-handling electro-hydraulic high pressure drums in waterfall arrangement each equipped with:	
Design Draft (ft/m) 14.11		- Drum size: 900/2,250 mm dia. x 1,800 mm length	
4.3		- Drum capacity: 1,500 m x 56 mm and 1,100 m x 64	

MACHINERY / PERFORMANCE		mm steel wire.	
PROPULSION – MACHINERY		- Rated pull each: 150 t on the 1st layer at 0 to 8.5 m /min	
Main Diesel Generators (DG) engines 3 x 2,000 kW at 1,800 rpm 3Ph/480VAC/60 Hz		- Brake holding load, 250 t	
Propellers 2 x 1,685 kW L - drive FPP in nozzle, 360 azimuth thrusters		DYNAMIC POSITIONING SYSTEM	
1 x 1,685 kW L-drive FPP in nozzle, Fixed thrusters		DP Class 2	
Bow thrusters 2 x 560 kW FPP thrusters		System consists of 2 DGPS, 1 Radscan	
Emergency generator / dedicated harbor generator		COMMUNICATION	
1 x 276 kW		1 radio system compliant with GMDSS A3 rules	
SPEED CONSUMPTION		Vsat, FBB500, Inmarsat C	
Maximum speed - 13.4 knots	20.0	Fire-fighting Class 1 (FIF1) with foam and water-spray protection	
t/day			
Service speed - 12 knots	14.7		
t/day			
Service speed - 10 knots	8.8 t/day		
Eco speed - 8 knots	6.2 t/day		
DP Station keeping	5.0		
t/day			
Standby at sea	2.5 t/day		
Standby in port - Harbour generator	0.8 t/day		
		(US)	
		(Metric)	
		Pumps [USG/min-m3/h] x 2	6,604 (each)
		1,500 (each)	
		Monitors [USG/min-m3/h] x 2	5,283 (each)
		1,200 (each)	

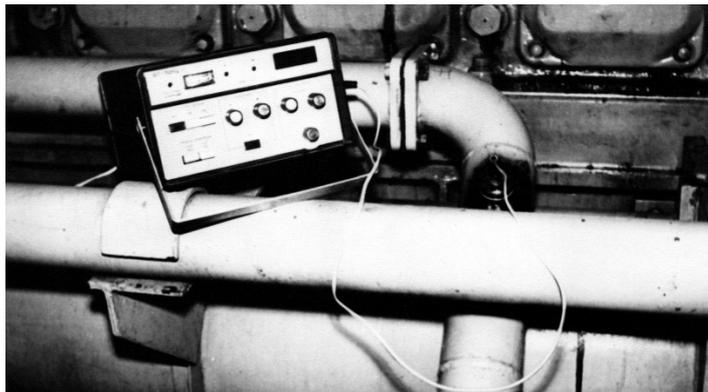


Рис.1. Датчик і реєстрівний прилад, установлений на системі циркуляційного мастила дизель-генератора

Реєстрівний блок за допомоги цифрового індикатора дозволяє контролювати кількість металу, що надходить на датчик, а також подавати світлові сигнали про допустиму та граничну його кількість, які уводяться у блок за допомоги потенціометрів залежно від характеристик механізмів. У приладі передбачено вихід на друкарський пристрій (принтер) та звукову сигналізацію.

ІНДИКАТОРИ ЗНОСУ КОНКРЕТНИХ ВУЗЛІВ ДВИГУНА

Підшипники = Свинець + Олово (Мідь/Алюміній). Усі обертові внутрішні деталі двигуна оснащені зміщуваними підшипниками. Поверхню підшипників покриває сплав, до якого входить свинець і олово. Наявність у пробі мастила двох цих металів означає початок зносу підшипників. Якщо разом зі свинцем і

оловом виявлена мідь або алюміній, то це вказує на серйозний знос підшипників.

Вкладні/ Втулки = Свинець + Залізо. Виготовлені зі свинець-містильної сталі. Знос цих деталей, як правило, супроводжує такі проблеми, як втрата тиску мастила, закоксованість та знос підшипників.

Розпредвал і блок клапанів = Залізо. Якщо у пробі мастила виявлено вміст заліза, що перевищує рівень нормального зносу, а концентрації інших металів – у нормі, це вказує на знос деталей у системі подачі повітря (розпредвал, штовхачі, рокери та ін..).

Колінчастий вал = Залізо + Свинець + Олово + (Мідь/Алюміній). Високі концентрації всіх цих металів супроводжують знос колінчастого валу. Зношений вал також прослуховується по глухому стуку двигуна.

Циліндри = Залізо + Хром та/або Алюміній. Хром попадає у мастило з кілець поршнів, алюміній – з поршнів та залізо – з циліндрів. Присутність у мастилi цих металів обумовлено нормальним зносом поршневої групи. Пришвидшене наростання цих концентрацій свідчить про ненормальний знос, перегрів двигуна, забруднені мастила та закоксованість.

Поршні = Алюміній + домішок палива або бруд у мастилi. Поршні зроблені з алюмінію. Знос поршнів викликають абразивні часточки забруднень мастил. Інша причина – перегрів двигуна. Крім того, проскакування палива змиває мастильну плівку і збільшує тертя і, отже, знос поршнів.

Поршневі кільця = Хром + паливо або бруд. Кільця виконують дві основні функції у двигуні: перешкоджають попаданню палива до системи змащування і перешкоджають попаданню мастила до камери згоряння. Знос кілець легко визначається по концентрації хрому і викликається абразивним зносом від часточок бруду або від розведення мастила паливом. Результат зношених кілець: низька продуктивність двигуна і димний вихлоп.

Блок циліндрів / Впускний колектор = Домішок антифризу або Натрій/Калій. Натрій, калій та іноді кремній входять до складу продуктів згоряння антифризу. Через камеру згоряння вони попадають у мастило і слугують індикаторами протікань у системі охолодження. Виявлення факту попадання антифризу на ранній стадії дозволяє уникнути коштовного ремонту.

ІНДИКАТОРИ ЗНОСУ КОНКРЕТНИХ ВУЗЛІВ ТРАНСМІСІЇ

Підшипник/Передача = Хром + Залізо. Якщо обидва ці метали виявлені в мастилi, це означає, що один із підшипників і, відповідно, його передача несправні. Підшипники = Хром. Висока концентрація хрому в пробі вказують на знос голчастих або шарикопідшипників в трансмісії. Диск муфти зціплення + Свинець + Мідь. Наявність цих металів викликано нормальним зносом кружала. На необхідність заміни кружала вказує підвищення концентрації заліза за наявності свинцю і міді. Підшипники муфти/ Упорні шайби = Мідь + Свинець + Олово. Наявність усіх трьох металів означає початок зносу підшипників муфти. Гідротрансформатор = Алюміній. Стальний корпус гідротрансформатора має алюмінієве сріблення. Певний рівень алюмінію в

мастилі є наслідком нормальної роботи гідротрансформатора. Підвищення рівня свідчить про початок його зносу. Бруд/Прокладки = Кремній. Кремній указує на попадання бруду через повітряники або прокладки. Крім того, якщо трансмісія має контур охолодження в радіаторі, то кремній служить індикатором попадання антифризу. Для абразивного пилу характерним є збільшення концентрації кремнію та алюмінію. Передача = Залізо. Збільшення концентрації тільки заліза вказує на знос передач у коробці. Загальна деградація мастила = Окиснення/Нітрування. Висока міра окиснення говорить про надто великі інтервали між замінами трансмісійного мастила та про ймовірне утворення лаку в коробці і корозію внутрішніх частин. Антифриз = Калій + Натрій. Автоматична коробка передач має контур охолодження через радіатор. Збільшення концентрацій цих металів дозволяє на ранній стадії діагностувати попадання антифризу в трансмісійне мастило і уникнути заміни коробки передач. Натрій може входити до складу пакету додатків. Вода = вода. Висока концентрація води вказує на занурення коробки у воду і на протікання в контурі охолодження, якщо радіатор заповнено водою.

Технічні характеристики системи

Система діагностування призначена для роботи в суднових умовах.

Діапазон вимірюваної маси феромагнітних часточок від 1 до 2000 мг.

Тривалість одного вимірювання не більше 3 сек.

Живлення ЕПРБ здійснюється від акумулятора напругою $(9 \pm 0,10)$ В, а також від мережі змінного струму напругою 220 В, частотою (50 ± 1) Гц через мережне джерело живлення. Так, споживаний ЕПРБ не більше 20 мА. Термін встановлення робочого режиму не більше 5 хвилин. Тривалість роботи ЕПРБ не менше 50 годин.

Потужність, споживана від мережі змінного струму, не більше 3 ВА.

ЕПРБ є стійким до впливу вібрації в діапазоні частот -25 Гц з амплітудою зсуву не більше 0,1 мм.

ЕПРБ зберігає свої характеристики після впливу граничних кліматичних умов:

- температури оточуючого середовища від -50° до $+50^{\circ}$;
- вологості (95 ± 3) при температурі 35° С.
- Габаритні розміри, мм – $90 \times 45 \times 185$.
- Маса ЕПРБ не більше 0,4 кг.
- Установлений строк роботи 4 роки.

Склад комплекту

1. Датчики зносу.
2. Реєстрівний блок.
3. Злучний кабель.
4. Еталонний датчик.

Датчик зносу

Датчик зносу складається з корпусу, в якому розташоване магнітне осердя, та чутливого елемента, що являє собою індуктивний перетворювач, вміщений у корпус діелектричної котушки і з'єднаний роз'ємом з вимірювальною схемою реєстрівного блока.

Принцип дії датчика засновано на зміні параметрів індуктивного перетворювача при надходженні продуктів зношування на чутливий елемент за допомоги поля магнітного осердя. Принципова електрична схема датчика містить в собі котушку перетворювача $L = 70 \text{ мкГн}$, підстроювальний резистор $R = 100 \text{ Ом}$.

Реєстрівний блок

Реєстрівний блок (РБ) служить для контролю вмісту металу на датчику в процесі роботи контрольованого механізму. РБ за допомоги цифрового індикатора здійснює вимірювання маси металу в мг, зібраного датчиком.

Лицьова панель РБ

На лицьовій панелі РБ розташовані:

1. Кнопка вмикання РБ «вкл».
2. Індикатор контролю рівня живлення.
3. Ручки установки допустимого і граничного значень вмісту металу на датчику.
4. Ручки різкої та повільної установки верхньої границі вимірювань.
5. Ручка резистора установки нульового значення.
6. Трирозрядний індикатор маси осаду на датчику типу АЛС324Б.

Принцип роботи РБ полягає в тому, що сигнал частотою 1 МГц з генератора керованої амплітуди (ГКА) (рис. 2) надходить на детектор і далі на фільтр низької частоти (ФНЧ). Постійна напруга на виході з ФНЧ прямо пропорційна амплітуді генератора 1. Операційний підсилювач 4 порівнює сигнал на своїх входах та змінює керувальну напругу таким чином, щоб вихідна напруга ФНЧ 3 дорівнювала напрузі джерела опорної напруги 5. Сигнал каліброваної амплітуди надходить на датчик 6, який функціонально є подільником. З датчика сигнал надходить до вимірювальної частини схеми, яка містить в собі детектор 7 та ФНЧ 8. Після ФНЧ сигнал, напруга якого залежить від вмісту металу на датчику, через підсилювач постійного струму 9 надходить на АЦП 10 та індикатор 11.

Блок живлення РЕ складається із мережевого трансформатора з вирівнювачами та фільтрами, що формують постійну напругу +12 В (нестабільне) і +4,5 В (нестабільне для живлення цифрових індикаторів, а також високочастотного перетворювача зі стабілізаторами напруги 9 В.

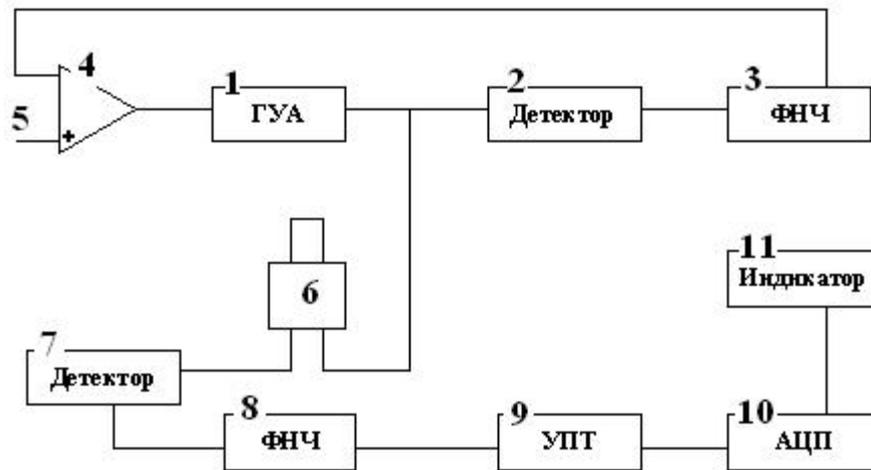


Рис. 2. Принципова блок-схема реєстру вального блока

Висновки

На основі проведених досліджень розроблено новий метод оцінки зносу деталей і вузлів СЕУ по масі осаду, зібраного датчиком за певний період роботи механізму.

Метод дозволяє підвищити точність інформації за рахунок вилучення впливу коливань концентрації ПІ у вимірюваному середовищі та похибок, що накопичуються в процесі відбору, зберігання і транспортування проб мастила. Це дозволяє безперервно оцінювати інтенсивність зношування пар тертя і тим самим отримувати інформацію про стан окремих агрегатів і вузлів.

Розроблений метод дозволяє визначити залежність між характеристиками процесу зношування та обсягом матеріалу, відділеного в процесі тертя. Це дозволяє за масою продуктів зношування, що потрапили у мастило, визначити лінійний знос вузла тертя та зміну швидкості зношування.

Використання системи безперервного моніторингу за процесом надходження ПІ у мастило за допомогою датчика дозволяє побудувати математичні моделі надійності основних вузлів СЕУ.

Визначення закономірностей у характері зміни швидкості надходження ПІ у мастило дозволяє формувати закон розподілу, за яким знаходяться показники довговічності. Це дозволяє з високою достовірністю визначати строки технічного обслуговування та ремонту СТС.

СПИСОК ЛІТЕРАТУТИ

1. Анализ частиц износа в системах смазки дизельных двигателей методом феррографии / [Берестова Г.И., Коновалова И.Н., Бфльшев В.С., Петров С.Н.] Журнал «Двигателестроение», С-Пб, 2002, №1, 42-43 с.
2. Техническая диагностика поршневых газоперекачивающих агрегатов по анализу отработанного масла / [Гарзанов Е.Г., Ильин В.А., Малофеев В.П., Петросянц А.А., Седих А.Д., Сорокин И.А.] Трение и износ – Москва 1982 284-289с.

Бузовский В.А., Гуцал П.В.

Оценка термодинамических свойств альтернативных хладагентов R404A и R407C

Проблема разрушения озонового слоя Земли вследствие выбросов вредных веществ в атмосферу, в том числе и используемых в промышленности хладагентов, а также рост парникового эффекта поставили перед учеными и промышленностью задачу замены озоноактивных хладагентов альтернативными. Одновременно, в связи со значительно возросшим производством озоноопасных хладагентов, стал вопрос о необходимости регулирования их производства и потребления. Впервые этот вопрос был поставлен на рассмотрение Венской Конференцией по защите окружающей среды в 1985 году, а 1987 году в Монреале подписан Протокол по веществам разрушающих озоновый слой.

Кроме того, учитывая негативные последствия глобального потепления климата в результате техногенного влияния на атмосферу Земли, в 1997 году в Киото был принят протокол, который ограничивал производно парниковых газов. Были определены потенциалы глобального потепления (GWP) и потенциал разрушения озона (ODP), которые характеризуют хладагент с точки зрения безопасности для окружающей среды. В приложениях к Монреальскому Протоколу обозначены все хладагенты в молекулах, которые присутствуют атомы хлора и брома, а также диоксид углерода, метана, закиси азота и др.

Согласно Монреальскому Протоколу и международным стандартам все хладагенты по степени озоно-разрушающей активности делятся на три группы: с высокой озоно-разрушающей активностью (ХФУ – хлорфторуглероды), с низкой разрушающей активностью (ГХФУ – гидрофторхлоруглероды) и озонобезопасные хладагенты (ГФУ – гидрофторуглероды).

Производство ХФУ – хладагентов запрещено с 1996 года. Использование хладагентов группы ГХФУ подлежит постепенному сокращению до полного закрытия в 2020 году.

В поисках более экологически безопасных холодильных агентов были разработаны различные смеси, состоящие из двух или трех хладагентов смешанных в соответствующих пропорциях. По своим термодинамическим характеристикам эти смеси подразделяются на три группы и своим поведением отличаться друг от друга, что оказывает влияние на холодильный цикл.

На рис.1 показаны циклы холодильных машин с перегревом и переохлаждением с различными свойствами хладагентов.

Смеси, в которых процессы кипения и конденсации протекают подобно однокомпонентным хладагентам, без изменения температуры насыщения и объёмного состава называться азеотропными. На рис.1а представлен цикл на основе азеотропной смеси. Здесь процессы испарения и конденсации происходят при постоянном значении давления и температуры. Если в процессе фазового перехода имеются незначительные изменения параметров, такие смеси называться квазиазеотропными. Смеси, у которых характеристики отличаются от предыдущих групп, ввиду того, что температура испарения и конденсации

заметно изменяться, при изменении состояния хладагента, а также изменяется объёмный состав называться зетропными (рис.1б).

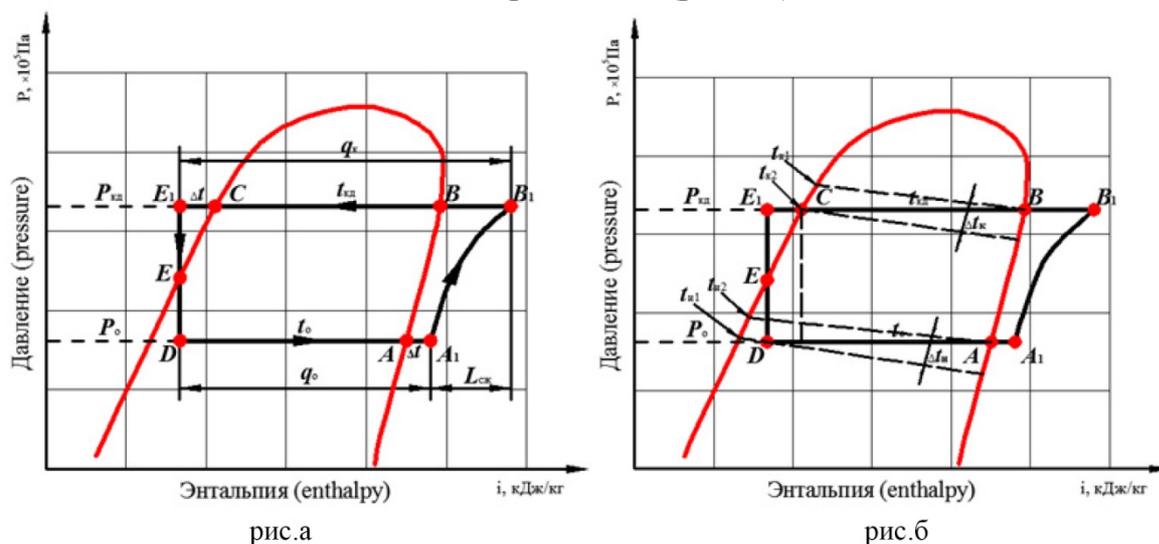


Рис. 1 (а и б). Циклы холодильных машин.

$t_{кд}$ – температура конденсации, °С; t_0 – температура кипения, °С; P_k, P_0 – давление конденсации/кипения, мПа. а) $\Delta t_k \Delta t_n$ – разность температур конденсации и испарения (кипения) хладагента, °С; б) Δt – разность температур, характеризующая переохлаждение и перегрев цикла, °С.

Из всего многообразия известных холодильных агентов, в настоящие время, как альтернативные озоноразрушающие хладагенты в холодильной технике используются более десятка. Из их числа можно выделить поколение новых озоноразрушающих хладагентов-фреонов: R134A, R125, R152A, R23, R32, смеси: R404A, R407C, R 410A, R 507, которые являются озоноразрушающими.

Из перечисленных хладагентов были выбраны R404A и R407C, которые поставляются на суда, в качестве альтернативных по отношению к R22, и на их примере проведены аналитические исследования с целью определения их качественных и термодинамических свойств.

Хладагент R404A – зетропная трехкомпонентная смесь группы ГФУ состоящая из R125(44%), R143A(52%) и R134A(4%), температурный $\Delta t_{\text{glide}} = 0,5\text{C}$ при $P_0=1$ бар, потенциал парникового эффекта GWP = 1525 и потенциал разрушения озона ODP=0.

Хладагент R407C - зетропная трехкомпонентная смесь группы ГФУ R32(23%), R125(25%) и R134A(52%) температурный $\Delta t_{\text{glide}}= 7,2$ при $P_0=1$ бар, потенциал разрушения озона ODP=0, потенциал глобального потепления GWP=1725.

Хладагент R22 – однокомпонентный хладагент, относящийся к группе ГХФУ. Имеет низкий потенциал разрушения озона ODP=0,05, невысокий потенциал парникового эффекта GWP= 1700.

Для определения качественных характеристик и термодинамических свойств хладагентов, использовалась программа «Cool Pack» Датского технологического института [3]. В качестве модели холодильной системы выбран упрощенный теоретический цикл одноступенчатой парокомпрессионной холодильной машины без перегрева и переохлаждения (рис.2, 3,4). Расчеты производились для каждого из выбранных хладагентов на четырех режимах при постоянной температуре испарения $t_0 = -30$ °С и температуре конденсации

$t_k=40, 30, 20$ и 10 °C. По построенным циклам в диаграммах $\lg P - i$ и для каждого хладагента (рис.2,3,4) определены параметры в узловых точках (t_0 °C, P бар, i кДж/кг, v_1 м³/кг).

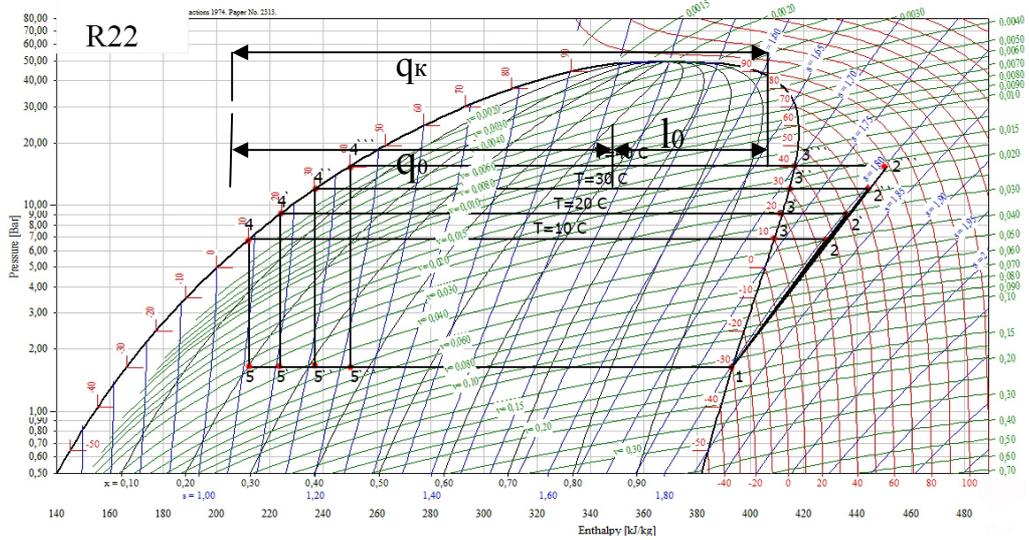


Рис. 2. Теоретический цикл холодильной машины для R22 при $t_0=\text{const}$ и $t_k \neq \text{const}$

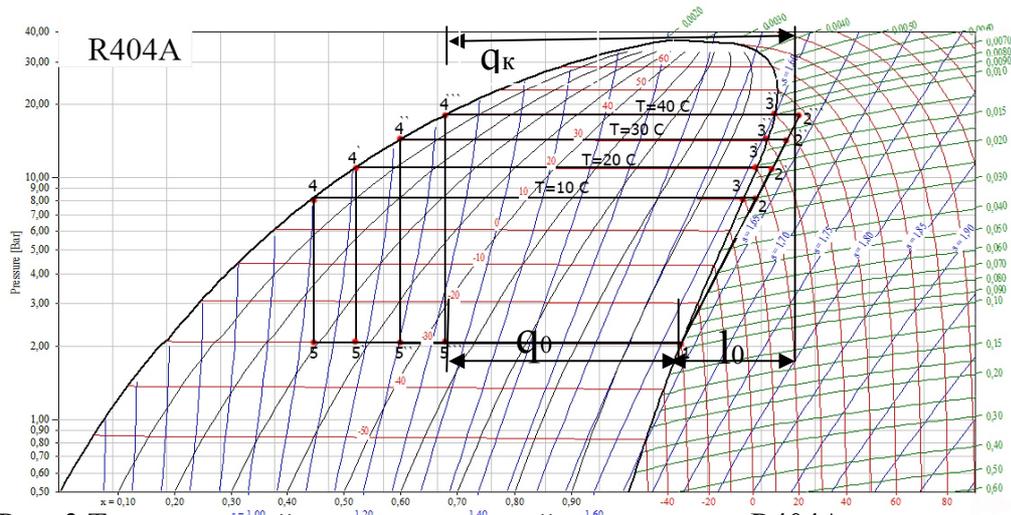


Рис. 3. Теоретический цикл холодильной машины для R404A при $t_0=\text{const}$ и $t_k \neq \text{const}$

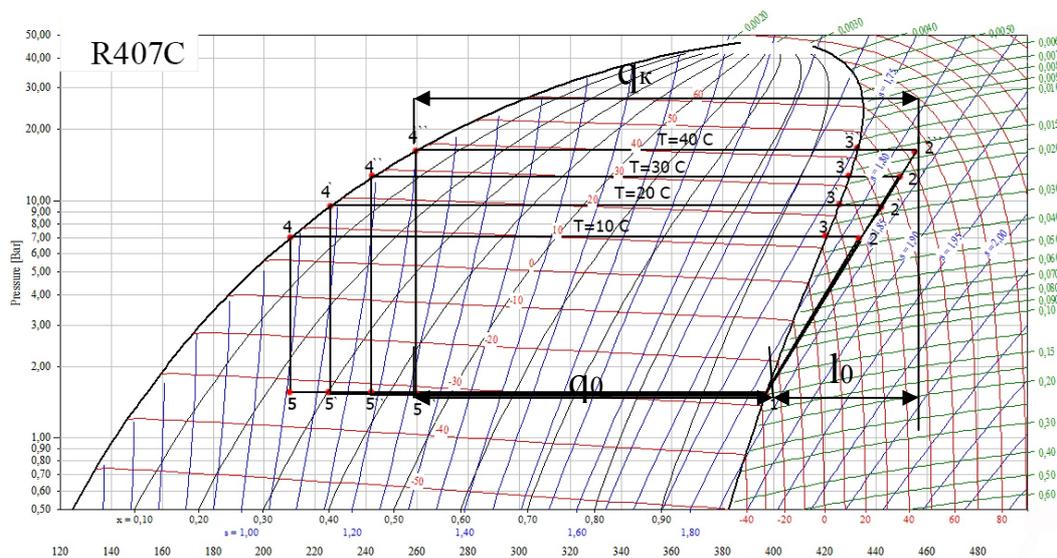


Рис. 4. Теоретический цикл холодильной машины для R407C при $t_0=\text{const}$ и $t_k \neq \text{const}$

Используя циклы, расчетным путем определены параметры термодинамических циклов и характеристики хладагентов, представленные в таблице 1, которые являются основными критериями оценки исследуемых хладагентов.

Таблица 1. Параметры теоретических циклов для хладагентов R22, R407C, R404A

$t_k, ^\circ\text{C}$	Π	Δt_{gl}	$t_2 \text{ max}, ^\circ\text{C}$	$q_0, \text{кДж/кг}$	$v_1, \text{м}^3/\text{кг}$	$q_{V1}, \text{кДж/м}^3$	$q_k, \text{кДж/кг}$	$l_0, \text{кДж/кг}$	λ	ε_T
R22										
40	9,47	0	79,12	142,77	0,136	1049,63	201,01	58,24	0,645	2,45
30	7,33	0	65	156,08	0,136	1147,48	207	50,92	0,701	3,07
20	5,56	0	50,04	169,06	0,136	1242,91	211,99	42,93	0,754	3,94
10	4,18	0	35,64	180,71	0,136	1328,55	215,99	35,28	0,804	5,12
R407C										
40	10,7	5,25	65,27	136,85	0,1509	906,712	197,72	60,87	0,626	2,25
30	8,33	5,7	52,34	154,18	0,1496	1030,68	206,67	52,49	0,684	2,94
20	6,25	6	40,63	170,59	0,1484	1149,53	215,78	45,19	0,742	3,77
10	4,53	6,31	27,55	186,26	0,1458	1277,5	223,07	36,81	0,798	5,06
R404A										
40	8,84	0,33	47,77	87,19	0,0947	920,308	131,12	43,93	0,655	1,98
30	6,97	0,38	37,08	103,83	0,0947	1095,95	143,1	39,27	0,706	2,64
20	5,3	0,42	25,84	120,1	0,0939	1278,75	153,75	33,65	0,758	3,57
10	3,97	0,47	14,7	135,78	0,0939	1445,7	163,4	27,62	0,808	4,92

Здесь $\pi = P_k / P_0$ – степень повышения давления, где P_k и P_0 – давление в конденсаторе и испарителе соответственно.

Чем выше этот показатель, тем условия работы компрессора тяжелее. Следовательно, рабочее давление в испарителе и конденсаторе определяет надежность и эффективность холодильной машины.

Температурный глайд (Glide – скольжение) – это разность температур фазового перехода при постоянном давлении в процессах кипения и конденсации.

Значение глайда зависит от состава рабочего тела и является важным технологическим параметром, который необходимо учитывать при регулировании холодопроизводительности машины, особенно для хладагентов с большим температурным глайдом. Для хладагента R404A при $P_0 = 1$ бар он составляет $\Delta t_{glide} = 0,5$ °C, а для R407C – $\Delta t_{glide} = 7,2$ °C. Чем меньше Δt_{glide} , тем легче обеспечить эффективность холодильного цикла и надежность работы компрессора, требуется менее тщательный контроль перегрева и переохлаждения. Разность между температурами в начале и конце процессов конденсации и испарения (рис.2,3,4) равно $\Delta t_k = t_{k3} - t_{k4}$ и $\Delta t_0 = t_{01} - t_{05}$. Максимальные температуры сжатия t_2 определены в точке 2 циклов. Чем выше температура хладагента в конце сжатия, тем больше нагрузка на компрессор. При этом надежность и эффективность холодильной машины уменьшается.

Удельная массовая холодопроизводительность q_0 (для каждого режима), т.е. количество тепла, отведенного от охлаждаемого объекта одним килограммом

мом рабочего вещества определяем как $q_0 = i_1 - i_5$ по разности энтальпий, используя циклы (рис.2, 3, 4).

Удельная объёмная холодопроизводительность – это холодопроизводительность отнесенная к 1 м^3 пара засасываемого компрессором в состоянии соответствующей на цикле точки 1 и определяется как $qv_1 = q_0/v_1$ где v_1 – удельный объём пара хладагента на входе в компрессор (точка 1), определяется по диаграммам или таблицам насыщенных и перегретых паров хладагента. Удельная объёмная холодопроизводительность – является весьма важной величиной. Для поршневых компрессоров она должна быть по возможности большей, так как при этом уменьшается объём засасываемого компрессором пара следовательно, размеры компрессора.

Значение удельной адиабатической работы сжатия – это работа, затраченная в процессе адиабатного сжатия 1 кг рабочего вещества. Работа сжатия равна работе затраченной на цикл, т.е. $l_{0ж} = l_0$, тогда $l_0 = i_2 - i_1$.

Удельный теплоотвод q_k в конденсаторе определяется как разность энтальпий в соответствующих точках цикла, т.е. $q_k = i_2 - i_4$.

Коэффициент подачи λ учитывает все объёмные потери вызывающие

уменьшение производительности компрессора, и следовательно определяет степень заполнения цилиндра хладагентом, определяется как:

$$\lambda = \left[1 - c \left(\frac{P_k}{P_0} - 1 \right) \right] \cdot \frac{T_0}{T_k}$$

где c – относительная величина вредного объёма компрессора ($c = 0,015 \div 0,04$); T_0/T_k – отношение температуры кипения и конденсации, выраженное в градусах Кельвина.

Теоретический холодильный коэффициент характеризующий эффективность цикла $\xi_T = q_0/l_0$, определяется как отношение удельной холодопроизводительности к затраченной работе на цикл.

Экологические свойства хладагентов характеризуются потенциалом глобального потепления (GWP) и потенциалом разрушения озона (ODP). Эти свойства характеризуют хладагент с точки зрения безопасности окружающей среды. Все полученные результаты, указанные в таблице 1 представлены в виде графиков. На рис. 5 построен график зависимости степени повышения давления $\pi = P_k/P_0$ от изменения температуры конденсации t_k для исследуемых хладагентов R22, R404A и R407C.

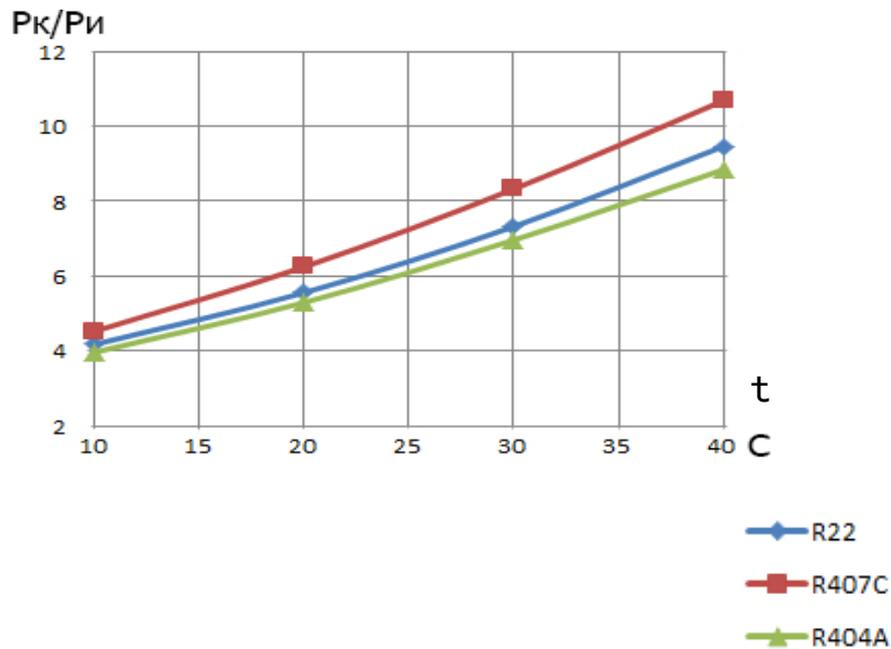


Рис. 5. Зависимость степени повышения давления от температуры конденсации

Из графика видно, что с увеличением температуры конденсации степень повышения давления увеличивается у всех трех хладагентов, что ведет к увеличению нагрузки на компрессор .

На рис. 6 изображен график изменения температурного скольжения (глайд) в конденсаторе относительно начала процесса конденсации до его окончания, в зависимости от температуры конденсации.

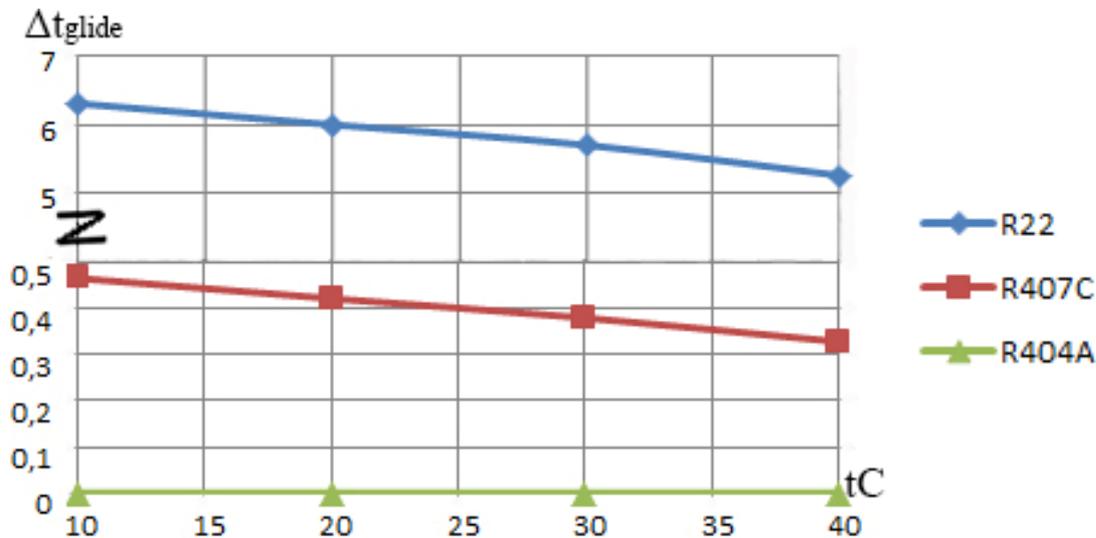


Рис. 6. Зависимость температурного глайда от температуры конденсации

В приведенном графике видно, что с увеличением температуры конденсации температура скольжения у хладагента R404A значительно ниже чем у R407C. Следовательно, при его использовании требуется менее тщательный контроль перегрева и переохлаждения по сравнению с хладагентом R407C. У хладагента R22 температурный глайд отсутствует .

На рис. 7 приведен график зависимости температуры в конце процесса сжатия исследуемых хладагентов в зависимости от температуры конденсации. С увеличением температуры конденсации происходит увеличение температуры конца сжатия у всех трех хладагентов.

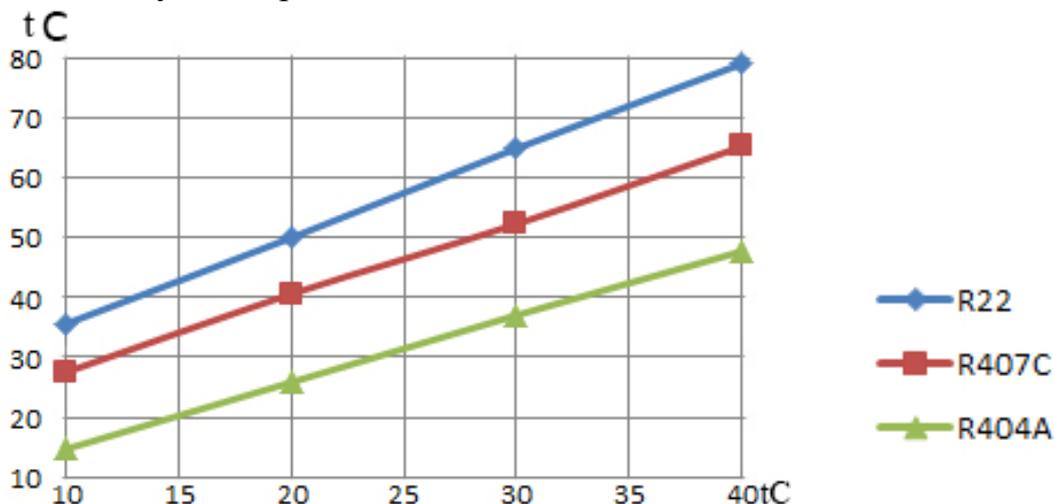


Рис.7. Зависимость температуры в конце процесса сжатия от температуры конденсации

Однако, хладагенты R404A и R407C отличаются лучшими показателями по сравнению с R22. Самые низкие значения температуры отмечены у хладагента R404A, что ведет к уменьшению нагрузок на компрессор, а следовательно уменьшается его надежность и эффективность.

На рис. 8 приведен график зависимости удельной массовой холодопроизводительности от температур конденсации.

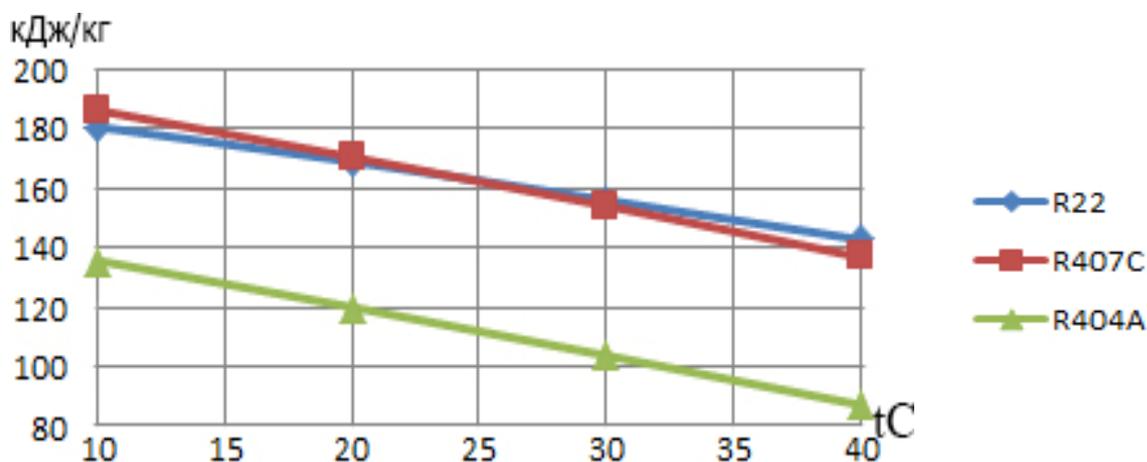


Рис.8. Зависимость удельной массовой холодопроизводительности от температуры конденсации

С увеличением температуры конденсации, значение удельной массовой холодопроизводительности уменьшается у всех трех хладагентов, что ведет к уменьшению количества тепла, отводимого от охлаждаемого объекта. Кроме того нужно отметить, что худшие показатели у хладагента R404A.

На рис. 9 показан график зависимости теоретического холодильного коэффициента в зависимости от температуры конденсации.

Из данного графика видно, что при увеличении температуры конденсации, значение холодильного коэффициента снижается у всех трех хладагентов. По сравнению с R22, у хладагентов R407C и R404A холодильный коэффициент несколько ниже. Лучшей характеристикой по этому показателю хоть и незначительно обладает хладагент R407C.

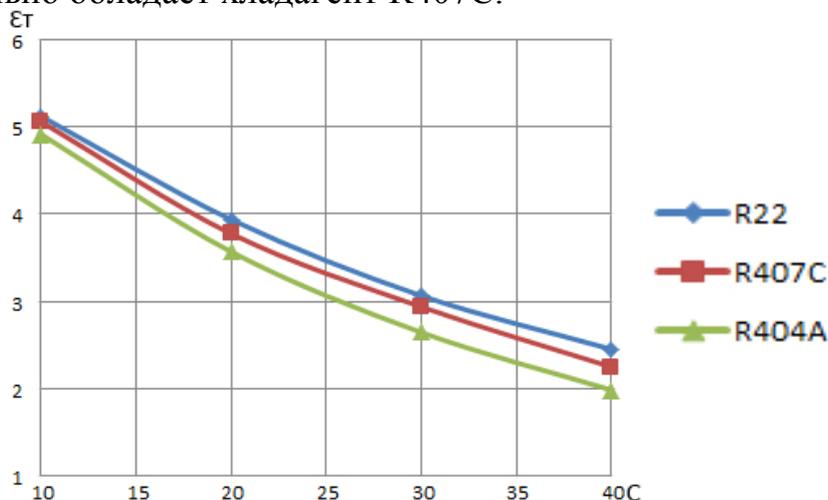


Рис.9. Зависимость теоретического холодильного коэффициента от температуры конденсации

Остальные сравнительные характеристики, исследуемых хладагентов не представленные в виде графиков можно оценить по усредненным значениям таблицы 2, которые определялись по расчетным значениям таблицы 1 для каждого из исследуемых хладагентов.

Таблица 2. Усредненные показатели свойств хладагентов

Наименование	Обозначение	Хладагент		
		R22	R407C	R404A
Степень повышения давления	$\Pi = P_k/P_0$	6,632	7,448	6,270
Температурный глайд	Δt_{glide} , °C	0,000	5,816	0,399
Температуры в конце процесса сжатия	t_{max} , °C	57,45	46,45	31,35
Удельная массовая холодопроизводит	q^0 , кДж/кг	162,16	161,97	111,73
Удельный объем на всасывании	V_1 , м ³ /кг	0,136	0,149	0,094
Удельная массовая холодопроизводит	q_{v1} , кДж/м ³	1192,14	1091,11	1185,18
Удельный теплоотвод в конденсаторе	q_k , кДж/кг	209,00	210,81	147,84
Удельная работа сжатия	l_0 , кДж/кг	46,84	48,84	36,12
Коэффициент подачи компрессора	λ	0,726	0,713	0,732
Теоретический хол. коэффициент	ϵ_t	3,644	3,505	3,278
Потенциал глобального потепления (Global warming Effect)	GWE	1700,00	1725,00	1525,00
Потенциал Озоноразрушения (Ozone depletion potential)	ODP	0,034	0,000	0,000

По ним можно судить о свойствах рассматриваемых хладагентов, об их преимуществах и недостатках.

Анализируя расчетные данные и графические зависимости можно сделать вывод о том, что хладагенты R404A и R407C, как экологически чистые хладагенты по своим термодинамическим и энергетическим качествам довольно близки по отношению к эколого-агрессивному хладагенту R22 и до изобретения новых хладагентов, вполне подходят для их использования в судовой технике в качестве альтернативных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Железный В.П. Эколого-энергетические аспекты внедрения альтернативных хладагентов в холодильной технике . – Донецк: Донбасс. 1966 – 144 с.
2. Деменев А.В., Данилов А.И. Оценка показателей качества агентов, используя инфо-графическое моделирование. Интернет-журнал «Науковедение» №1, 2013.
3. Бобюл О.И., Хмельнюк И.В. и др. экологические характеристики агентов. Холодильная техника и технологии – 2006 -№6 – с.52-56.

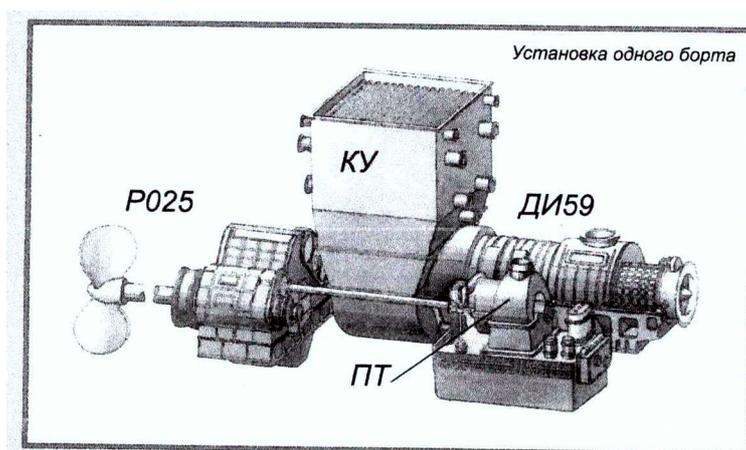
УДК 629.5.064-8438

Ермошкин Н.Г., Игнатенко А.А., Лукинова В.В.

Результаты исследования статических характеристик ЭУ судна типа «Инженер Ермошкин» на различных режимах

Скорость – 25 узлов

Водоизмещение – 35000 т



Двигатель UGT16000 (ДИ59) – 2 ед.

Редуктор Р025 – 2 ед.

Паровая турбина ПТ – 2 ед.

Особенностью ЭУ является комбинированная газопаротурбинная установка. В настоящее время утилизация теплоты отработавших газов в пароводяном

контуре является одним из самых эффективных способов повышения экономичности газотурбинных двигателей (ГТД). Комбинированные газопаротурбинные установки (ГПТУ) этого типа, созданные в Украине на производственном объединении «Зоря»-«Машпроект», находят с каждым годом все более широкое применение в различных областях народного хозяйства, таких как ТЭС. В нашей стране, на Николаевском судостроительном заводе и на Николаевском объединении «Зоря»-«Машпроект», впервые в мировой практике судостроения серия судов с горизонтальной грузообработкой типа «Инженер Ермошкин» оснащена ГПТУ, в которой ГТД и паровая турбина (ПТ) теплоутилизационного контура (ТУК) передают полезную мощность на винт через общий редуктор. Аналогичные ГПТУ в дальнейшем устанавливались на боевые корабли ВМФ. Принципиальная схема такой энергетической установки показана на рис. 1.

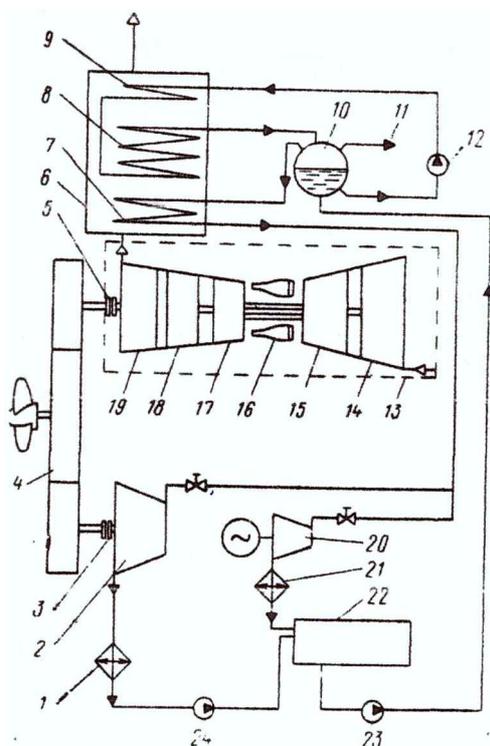


Рис. 1. Принципиальная схема ГПТУ судна с горизонтальной грузообработкой типа «Инженер Ермошкин»

1 – конденсатор пропульсивной ПТ; 2 – ПТ; 3 – разобщительная муфта ПТ; 4 – редуктор; 5 – разобщительная муфта ГТД; 6 – утилизационный котел (УК); 7 – пароперегреватель УК; 8 – испаритель УК; 9 – экономайзер УК; 10 – сепаратор; 11 – отбор насыщенного пара; 12 – циркуляционный насос; 13 – ГТД; 14, 15 – компрессоры низкого и высокого давления соответственно; 16 – камера сгорания; 17, 18 – турбины высокого и низкого давления соответственно; 19 – свободная силовая турбина; 20 – паротурбогенератор; 21 – конденсатор паротурбогенератора; 22 – теплый ящик; 23 – питательный насос; 24 – конденсатный насос

Одним из важных показателей работы энергетической установки (ЭУ) являются статические характеристики, которые определяют закономерности изменения параметров на различных установившихся режимах. Их исследова-

нию, методам определения уделяется большое внимание на различных стадиях проектирования, опытно-доводочных работ, эксплуатации.

В качестве метода исследования статических характеристик ГПТУ судна типа «Инженер Ермошкин» был выбран путь построения математической модели ЭУ с проверкой ее адекватности по данным отдельных натурных испытаний и определение особенностей статических характеристик с помощью постановки необходимых численных экспериментов. Такую математическую модель можно записать в векторной форме как

$$\bar{P} = f(\bar{R}, \bar{G}, \bar{C}, \bar{B}),$$

- где \bar{P} – вектор параметров ГПТУ на установившихся режимах (статические характеристики)
 \bar{R} – вектор параметров, однозначно определяющих режимы работы ГПТУ;
 \bar{G} – вектор необходимых для расчета геометрических характеристик проточной части;
 \bar{C} – вектор различных констант;
 \bar{B} – вектор параметров, определяющих характеристики потребителей полезной мощности

Не останавливаясь на принципах построения и других особенностях математической модели, в данном случае хотелось бы основное внимание уделить некоторым практически важным результатам исследования статических характеристик.

В ГПТУ судна типа «Инженер Ермошкин» источником энергии для работы ТУК служит теплота отработавших газов ГТД, количество и потенциал которой зависят как от режима работы ГТД, так и параметров наружного воздуха. Как следует на рис. 2, при постоянной мощности ГТД с изменением температуры наружного воздуха t_n существенно изменяются расход и температура отработавших газов, причем в обратной зависимости. Этим определяется целый ряд особенностей совместной работы ГТД и ТУК на переменных режимах.

Существенное влияние на эксплуатационные возможности ГПТУ оказывают закономерности перераспределения мощности между ГТД и ПТ при изменении режима ГТД и t_n (рис. 3).

При расчетной $t_n = 293$ К на номинальном режиме ГТД мощность ПТ составляет около 23% от суммарной мощности между ГТД и ПТ остается примерно постоянной (см. рис. 3).

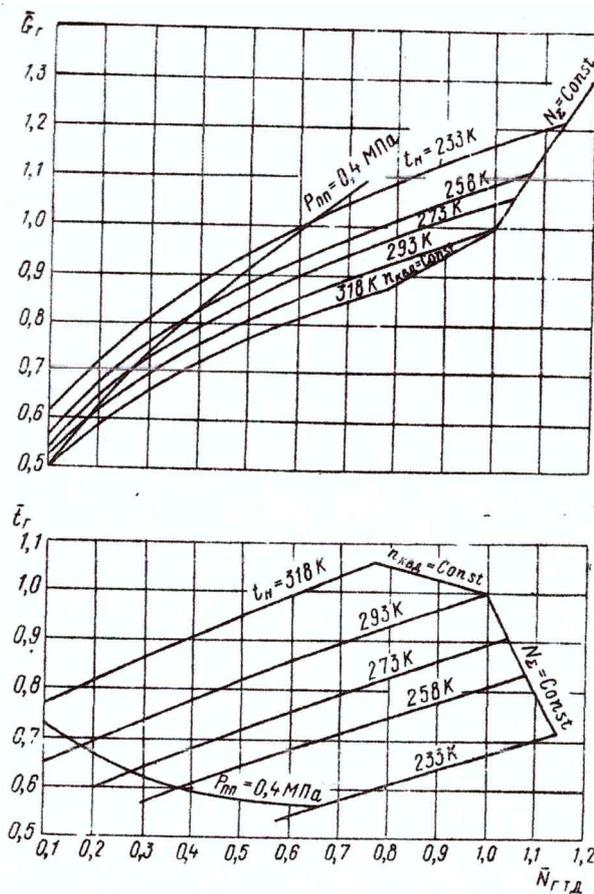


Рис. 2. Зависимость изменения относительного расхода газа \bar{G}_r и относительной температуры газа \bar{t}_r от относительной мощности ГТД $\bar{N}_{ГТД}$ для различных температур наружного воздуха t_n (Параметры отнесены к номинальному режиму)

Если температуры наружного воздуха $t_n < 293 \text{ K}$, то традиционным для ГТД является закон регулирования $N_{ГТД} = \text{const}$, что обусловлено ограничением по моменту в системе силовая турбина – редуктор винт. Однако при таком законе регулирования с уменьшением t_n падает $N_{ПТ}$ (см. рис. 3), суммарная мощность ГПТУ и, как следствие, скорость судна. Для обеспечения последней при $t_n < 293 \text{ K}$ потребовалось сохранить суммарную мощность ($N_{\Sigma} = \text{const}$), что связано с форсированием ГТД на величину, компенсирующую падение $N_{ПТ}$. Так, расчетным путем было установлено, что при граничной температуре $t_n < 233 \text{ K}$ необходимо увеличить $N_{ГТД}$ на 14% (рис. 4). Соответственно вырос крутящий момент на газотурбинной ветке редуктора, что потребовало специальной проверки на прочность соответствующих узлов. Удельный расход топлива ГПТУ увеличился на 6% по сравнению с режимом номинальной мощности при $t_n = 293 \text{ K}$.

Когда агрегат работает в диапазоне температур $t_n = 293 \dots 318 \text{ K}$, статические характеристики являются функцией постоянной частоты вращения контура высокого давления ($n_{квд} = \text{const}$). При таком законе регулирования на номинальной частоте вращения $n_{квд}$ и граничной $t_n = 318 \text{ K}$ суммарная мощность агрегата уменьшилась на 18,5% (см. рис. 4). В этом случае $N_{ГТД}$ снизилась на 22%, а $N_{ПТ}$ – всего на 2%. Незначительное падение $N_{ПТ}$ является следствием

высокого потенциала тепла отработавших газов при $t_n = 318 \text{ К}$ (см. рис. 2), несмотря на падение расхода газа. Объяснить это помогает метод малых отклонений, разработанный для ГПТУ на базе нелинейной математической модели: коэффициент влияния изменения температуры газа перед утилизационным котлом δt_r на мощность ПТ $\delta N_{\text{ПТ}}$ примерно в 2 раза сильнее, чем от изменения расхода газа δG_r , т.е.

$$\delta N_{\text{ПТ}} = 1,89\delta t_r + 0,9\delta G_r.$$

Удельный расход топлива увеличился в этом случае на 1,5% по сравнению с режимом номинальной мощности при $t_n = 293 \text{ К}$ (рис. 4).

Существенное влияние на пропульсивную мощность ГПТУ оказывает подключение паротурбогенератора, работающего на отборе перегретого пара от утилизационного котла (см. рис. 1). Так, на номинальном режиме ГТД (отбор пара $\Delta G_{\text{ПТ}} = 25\%$) пропульсивная мощность ПТ уменьшается на 29%, а N_{Σ} ГПТУ – на 7% (см. рис. 3). Отбор перегретого пара сопровождается падением давления пара в утилизационном котле, увеличением паропроизводительности, незначительным ростом температуры перегретого пара. Как видно из рис. 3, при отборе перегретого пара сокращается диапазон совместной работы ГТД и ТУК на переменных режимах, что связано с падением давления пара на долевых нагрузках ГТД. В этом случае обеспечить работоспособность паротурбогенератора можно только специальным регулированием генерации пара, в частности, отключением пропульсивной ПТ.

Эксплуатационная надежность ГПТУ с точки зрения коррозионных повреждений низкотемпературных поверхностей утилизационного котла определяется, в основном, температурой наружной стенки трубных пучков экономайзера ($t_{\text{ст}}$), которая должна быть ниже точки росы отработавших газов ГТД. Экспериментальные данные показывают, что скорость коррозии резко увеличивается при $t_{\text{ст}} < 110^\circ \text{ С}$ [3].

На рис. 5 дана расчетная зависимость температуры воды на входе в экономайзер $t_{\text{вх}}^{\text{ЭК}}$, которую можно условно принять равной $t_{\text{ст}}$, от режима работы ГТД в заданном диапазоне изменения t_n . В связи с тем, что экономайзер в принятой тепловой схеме ТУК включен в систему с принудительной циркуляцией, $t_{\text{вх}}^{\text{ЭК}}$ определяется из условия теплового баланса в сепараторе:

$$t_{\text{вх}}^{\text{ЭК}} = t' - \frac{t' - t_{\text{пв}}}{K_{\text{ц}}}$$

где t' – температура насыщения;
 $t_{\text{пв}}$ – температура питательной воды;
 $K_{\text{ц}}$ – кратность циркуляции.

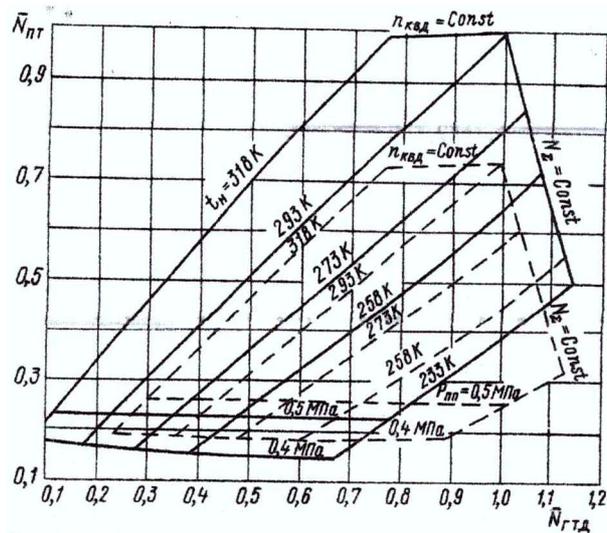


Рис. 3. Зависимость относительной мощности паровой турбины \bar{N}_{PT} от изменения относительной мощности ГТД $\bar{N}_{ГТД}$ для различных t_n .

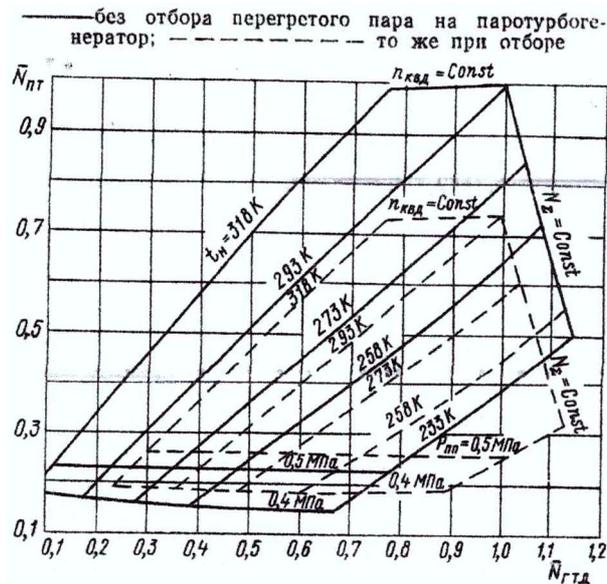


Рис. 4. Зависимость относительной суммарной мощности ГТГУ \bar{N}_{Σ} , относительной мощности ГТД $\bar{N}_{ГТД}$, относительного удельного расхода топлива \bar{G}_N для номинального режима от t_n .

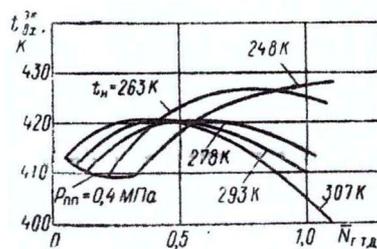


Рис. 5. Зависимость температуры воды на входе в экономайзер $t_{вх}^{ЭК}$ от относительной мощности ГТД $\bar{N}_{ГТД}$ для различных t_n

Характерные перегибы на изолиниях $t_n = \text{const}$ (см. рис. 5) можно объяснить изменением соотношения между падением t' и увеличением $K_{ц}$ с уменьшением нагрузки ГТД.

Как видно из рис. 5, принятое схемное решение ТУК позволяет во всем диапазоне переменных режимов иметь $t_{ст} > 110^\circ \text{C}$, т.е. обеспечить низкие скорости коррозии даже в районе концевых поверхностей утилизационного котла, а также снизить величину $K_{ц}$.

Предварительно проведенный численный эксперимент по уменьшению $K_{ц}$ и его проверка непосредственно в условиях эксплуатации газотурбохода «Инженер Ермошкин» показали, что изменение $K_{ц}$ с 4 до 2 на номинальном режиме ГТД приводит к указанным в таблице результатам.

Результаты численного и натурального экспериментов

Параметр	Изменение параметра (при уменьшении кратности циркуляции с $K_{ц} = 4$ до $K_{ц} = 2$)	
	Численный эксперимент	Натурный эксперимент
Паропроизводительность	+5,24	+5,1
Давление перегретого пара	+5,2	+4,8
Температура:		
перегретого пара	-0,3	-0,5
отработавших газов	-1,5	-1,4
воды на входе в экономайзер	-10,3	-9,3
Мощность		
ПТ	+5,2	-
ГПТУ	+1,1	-
Удельный расход топлива	-1,1	-

Замер таких параметров, как расход топлива, мощность ПТ и ГПТУ в условиях эксплуатации не проводился, однако незначительное расхождение расчетных параметров с замеренными (при существенном изменении $K_{ц}$) позволяет считать достоверной оценку такого важного показателя, как удельный расход топлива.

Совместная работа с ПТ начитается с такого минимального режима ГТД, при котором теплота отработавших газов способна создать перегретый пар с определенным давлением ($P_{ПП} \approx 0,4-0,5$ МПа), надежно обеспечивающим устойчивую работу эжектора конденсатора и концевых уплотнений ПТ. В связи с этим изобары перегретого пара $P_{ПП} = 0,4$ МПа, проведенные по результатам расчета на рис. 2, 3, 5, ограничивают зону переменных режимов ГПТУ, где возможно получение мощности от пропульсивной ПТ.

Полученные результаты проведенного исследования показывают, что метод численного эксперимента на математической модели позволил решить целый ряд качественно новых вопросов работы ГПТУ на переменных режимах. Решение подобных задач экспериментальным путем связано либо с использованием дорогостоящих стендов, либо с длительными исследованиями непо-

средственно на судне в процессе эксплуатации при наличии трудностей размещения измерительной техники и обработки информации.

Исследование статических характеристик в полном объеме позволило определить различные параметрические ограничения работы ГПТУ, смоделировать отдельные аварийные ситуации, получить информацию для расчета динамических и прочностных характеристик.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов Г.В., Романов В.И., Лисов В.Т. Судовая газотурбинная установка М-25. – Морской флот, 1976, №9.
2. Курзон А.Г., Юдовин Б.С. Судовые комбинированные энергетические установки. Л., Судостроение, 1981.
3. Романов В.А., Исследование низкотемпературной коррозии в газотурбинных установках с теплоутилизационным контуром. – Судостроение, 1978, №1.

УДК 629.5.064-843.8

Ермошкин Н.Г., Игнатенко А.А., Лукинова В.В.

Особенности новой муфты свободного хода для привода стартеров ГТД газотурбоходов типа «Инженер Ермошкин»

Модернизация была вызвана выявленными в процессе эксплуатации отказами в результате различных поломок не только на судах типа «Инженер Ермошкин», но и на боевых кораблях ВМФ. В отличие от известных осевых храповых муфт (ОХМ) свободного хода, обеспечивающих силовую связь между роторами стартера и газотурбинного двигателя (ГТД) в процессе его запуска, предложена конструкция, особенность которой – наличие фрикционной связи между ведущей и ведомой полумуфтами. Такая связь позволяет автоматически управлять положением ведущей полумуфты *b* за счет момента трения, возникающего в местах ее контакта с колодками *10* (рис. 1. *a*) несилевой фрикционной муфты. В результате снижаются ударные нагрузки. Вызываемые колебательными движениями ведущей полумуфты *b* при запуске ГТД с выбега.

Опыт эксплуатации муфты предложенной конструкции показал, что благодаря модернизации удалось полностью исключить присущие известной ОХМ поломки: сколы и разрушения кулачков полумуфт, усталостные деформации ограничительных винтов и другие. Однако в эксплуатации появились отказы другого характера, вызываемые мгновенными разрушениями ограничительных винтов *2*. Трещина появлялась на радиусе перехода цилиндра к головке (рис. 2, *a*, *b*). Как правило, такие разрушения сопровождались возникновением сквозных трещин в переходе внутренней полости литой крышки коробки приводов к стенке (рис. 2, *в*), которые вызывались нагрузками, появляющимися после нарушения осевой фиксации ведущей полумуфты. Поломкам винтов способствовали нерациональный выбор их материала и ослабление сечения пазом для стопорения (рис. 2, *b*). Однако устранение этих недостатков полностью про-

блемы не решило, что потребовало проведения дальнейших работ по совершенствованию конструкции муфты.

Модифицированная ОХМ с автоматически размыкающейся после пуска фрикционной связью полумуфт имеет шариковый фиксатор 15 (см. рис. 1, а) между ведущим валом 5 и храповиком 6, который удерживает храповик в выключенном положении с момента отключения стартера до начала следующего запуска. Поэтому при повторном запуске необходимо преодолевать вредный в начальном его периоде силовой контакт шарика 11 с опорной поверхностью отверстия в ведущем вале 5. Следствием этого недостатка могут быть задержки при включении полумуфт и вызываемые ими ударные нагрузки, разрушающие ограничительные винты и другие детали приводов стартеров.

Шариковый фиксатор содержит много малогабаритных и трудоемких в изготовлении деталей. С целью предупреждения пластической деформации рабочей поверхности корпуса 15 фиксатора, находящейся в силовом контакте с шариком 11, а также для обеспечения эксплуатационной стабильности размера выступающей части шарика рабочая поверхность корпуса подвергается термообработке.

Для устранения ударных нагрузок, вызываемых шариковым фиксатором, разработана и исследована конструкция [2], в которой фиксирующий элемент выполнен в виде размещенного на ведущем храповике диска (см. рис. 1, б). Диск 17, закрепленный с помощью гайки 1, ограничительного винта 2 и стяжки 3 на ведущей полумуфте 6, расположен во внутренней расточке соосного стакана 18 с небольшим радиальным зазором и образует с ним наружную 20 и внутреннюю 19 полости. Задняя коробка приводов, в которой размещена муфта сцепления, установлена на переходнике ГТД и сообщается с полостью заднего подшипника осевого компрессора. Поэтому для соединения полостей 19 и задней опоры никаких конструктивных решений не требуется. Полость же 20 трубой соединена с передней коробкой приводов, установленной на переднем корпусе ГТД и таким образом сообщается с полостью переднего подшипника компрессора.

При запуске двигателя от стартера ведущий вал 5 получает вращение и через ленточную резьбу 4 передает окружное усилие на ведущую полумуфту 6, которая притормаживается колодками 10, несилевой фрикционной муфты. В этом случае на полумуфте 6 возникает осевая сила, смещающая ее в сторону ведомой полумуфты 7, происходит включение муфты и запуск ГТД. После отключения стартера скорость ведущего вала снижается, а полумуфта 6, имеющая фрикционную связь с колодками 10, продолжает вращаться со скоростью ведомой. Теперь осевая сила изменяет свое направление и возвращает полумуфту 6 в исходное положение. При этом режиме фиксирующее устройство не работает вследствие равенства давлений в полостях 19 и 20.

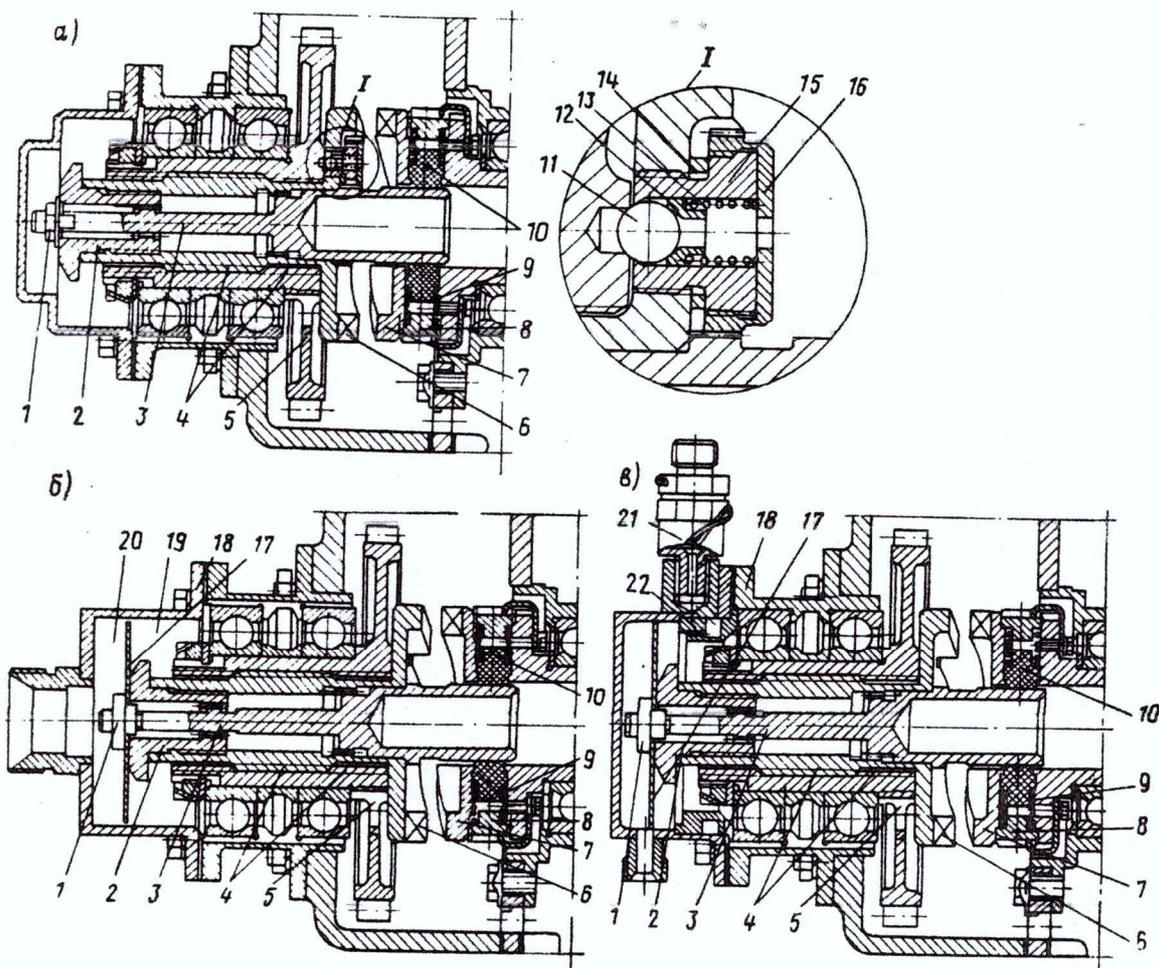


Рис. 1. Осевая храповая муфта сцепления: *а* – модернизированная; *б* и *в* – новые конструкции.

1 – гайка; 2 – ограничительный винт; 3 – стяжка; 4 – прямоугольная трехзаходная ленточная резьба; 5 – ведущий вал с зубчатым венцом; 6, 7 – ведущая и ведомая полумуфты; 8 – регулировочный винт; 9 – пружина; 10 – тормозная колодка; 11 – шарик; 12 – направляющая втулка; 13 – пружина; 14 – регулировочное кольцо; 15 – корпус фиксатора; 16 – шлицевая крышка; 17 – диск; 18 – стакан; 19, 20 – внутренняя и наружная полости; 21 – штуцер; 22 – втулка

С увеличением частоты вращения двигателя колодки 10 под действием центробежной силы отжимаются, и фрикционная связь полумуфт 6 и 7 автоматически отключается. Зона скоростей, превышающая предел, при котором происходит автоматическое рассоединение фрикционной связи, весьма неустойчива. Ведущая полумуфта в этой зоне удерживается в выключенном положении за счет возникающего перепада давлений на диске 17.

Таким образом, в начальные периоды запусков, вследствие равенства давлений по обе стороны диска, фиксирующее устройство не работает, и, следовательно, не возникает сила, препятствующая соединению полумуфт. Тем самым полностью исключаются задержки при включении муфты и вызываемые ими ударные нагрузки.

Модифицированная ОХМ с автоматически размыкающейся после ее включения фрикционной связью полумуфт позволяет производить переключения в

любом диапазоне частоты вращения стартера. Поэтому ОХМ может найти применение не только как механизм сцепления при запуске ГТД, но и в станкостроении, главным образом в станках-автоматах, в машинах нефтяной промышленности, в автомобилестроении и т.д.

Для фиксирования подвижной по оси полумуфты внутри стакана 18 (см. рис. 1, в) устанавливается втулка 22 с кольцевой канавкой на наружной поверхности и несколькими осевыми отверстиями. Канавка совместно с внутренней поверхностью стакана образует кольцевую полость, сообщающуюся через канал в стакане 18 со штуцером 21. К последнему подводится рабочая жидкость от насоса (с приводом от ведомого вала), которая через отверстия во втулке 22 попадает на поверхность диска 17. В связи с тем, что давление жидкости зависит от частоты вращения насоса, в период включения муфты фиксирующее устройство не работает.

Выполненное тензометрическое исследование подтвердило предположение о задержках, вызываемых шариковым фиксатором. Для проведения эксперимента использовался индуктивный датчик, установленный против торцов зубьев одной из шестерен привода. Сигнал датчика, фиксирующего прохождение каждого зуба шестерни, после усиления подавался на шлейф осциллографа. Таким образом, на осциллограмме получалась кривая, расстояние между соседними зубцами которой изображало в некотором масштабе угловую скорость вращения ротора стартера. В процессе натуральных испытаний трех типов фиксирующего устройство на осциллограммах регистрировались также частота вращения двигателя, крутящий момент при включении муфты, осевое перемещение ведущей полумуфты (с использованием второго индуктивного датчика, установленного в стакане) и перепад давлений на диске.

Полученные осциллограммы обрабатывались обычным способом с использованием тарировочных графиков. На рис. 3 показаны построенные по результатам измерений зависимости.

Из рис. 3, а видно, что первое включение муфты с шариковым фиксатором произошло через 0,74 с после страгивания ротора стартера. За это время незагруженный стартер разогнался до $n_{ст} = 2412 \text{ мин}^{-1}$, совершив более 10 оборотов, и приобрел определенную кинетическую энергию ($KЭ$). При динамическом включении муфты, в момент касания кулачков (точка а), угловая скорость ротора стартера ω и, следовательно, $KЭ$ – максимальны (рис. 3, в). Далее, по мере нарастания упругой закрутки деталей привода (предполагая отсутствие пластической их деформации), потенциальная энергия ($ПЭ$) увеличивается, а $KЭ$ убывает, так что их сумма остается постоянной (участок а – б). Для полной остановки ротора стартера при торможении его упругими силами потребовалось 0,02 с.

После перехода $ПЭ$ через максимум (точка б), которому отвечают наибольший крутящий момент $M = 1445 \text{ Н} \cdot \text{м}$ и $\omega = 0$, происходит под действием упругих сил отскок с ростом ω : ротор стартера разгоняется в обратном направлении до $n_{ст} = 740 \text{ мин}^{-1}$ (участок б – с). В точке с кулачки размыкаются, и динамическое взаимодействие заканчивается.

Если предположить, что отсутствует движущий момент и детали привода абсолютно упругие, и не учитывать малые потери на трение и расход энергии на разгон запускаемого двигателя, то ротор стартера разогнался бы в обратном направлении до такой же угловой скорости, как и перед замыканием кулачков. В реальном же случае обратное вращение ротора стартера тормозится электромагнитным моментом. Поэтому ко времени 0,94 с обратное вращение прекращается и снова начинается разгон под действием электромагнитного момента в прямом направлении с повторением процесса включения ($a' - b' - c'$). Происходят последующие удары, пока в муфте окончательно не завершится процесс сцепления и наступит установившийся режим раскрутки.

На одном из запусков с шариковым фиксатором произошло разрушение слабого звена привода, при этом зафиксирована ударная нагрузка $M = 1650 \text{ Н} \cdot \text{м}$, что почти в 4 раза выше статической нагрузки установившегося режима раскрутки.

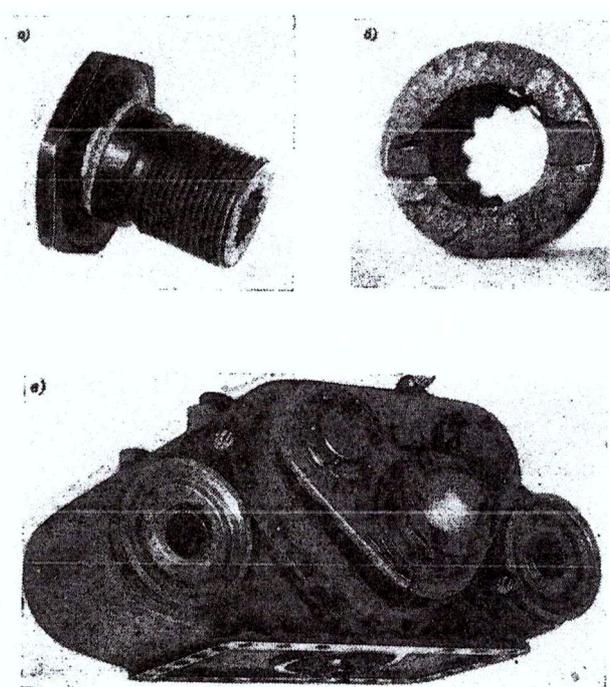


Рис. 2. Характер разрушения ограничительного винта (сталь 45, $d_{\text{отп}} = 4,2 \text{ мм}$): a – внешний вид винта; b – поверхность излома; c – внешний вид разрушенной коробки приводов (стрелкой отмечена радиальная трещина)

Первое включение муфты с фиксацией через диск происходит через 0,21 с (рис. 3, б). К этому моменту ротор стартера разгоняется до $n_{\text{ст}} = 432 \text{ мин}^{-1}$, совершая лишь один полный оборот. Ударная нагрузка в момент включения муфты зафиксирована равной $740 \text{ Н} \cdot \text{м}$, что в 1,7 раза выше статической нагрузки установившегося режима раскрутки. Время торможения ротора стартера упругими силами до полной остановки составило 0,026 с. Максимальная частота вращения в обратном направлении – 357 мин^{-1} , обратное вращение прекращается через 0,34 с.

Как видно по углу наклона кривых $n_{ст} = f(t)$, повторные разгоны происходят интенсивнее. Количество повторных ударов при запусках с фиксацией ведущей полумуфты через диск сокращается вдвое.

Результаты тензометрического исследования показали, что максимальный холостой угол поворота ротора стартера перед включением муфты в вариантах фиксации через диск не превышает конструктивно обусловленных значений $\varphi_{ст} \sim 440^\circ$, частота вращения $n_{ст} = 500 \text{ мин}^{-1}$, ударная нагрузка в момент включения $M = 800 \text{ Н} \cdot \text{м}$. При этом устройства с дисковым фиксирующим элементом вступают в работу только на режиме $n_{ГТД} > 5000 \text{ мин}^{-1}$, т.е. в зоне неустойчивого осевого положения полумуфты. На рис. 4 показано изменение осевой силы от перепада давления на диске в зависимости от режима работы ГТД.

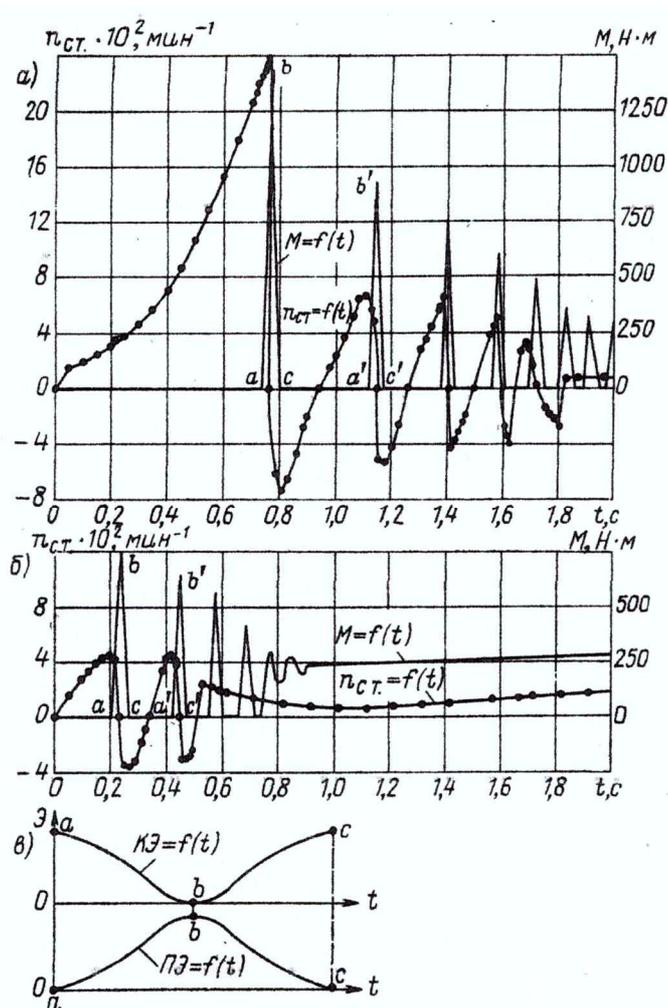


Рис. 3. Изменение частоты вращения ротора стартера $n_{ст}$ и приведенного к валу муфты крутящего момента M во времени: а – с шариковым фиксатором; б – с фиксацией через диск; в – изменение энергии

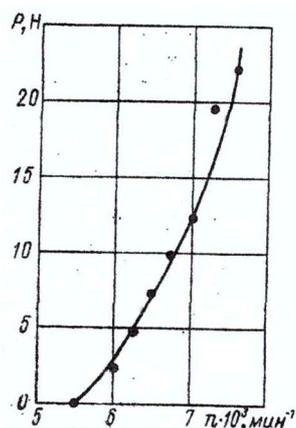


Рис. 4. Изменение осевой силы P на диске от частоты вращения n ротора ГТД

Заключение. Разработанные конструкции муфты сцепления позволили полностью исключить задержки при включении полумуфт и тем самым более чем вдвое снизить уровень действующих ударных нагрузок. Значительное упрощение конструкции предложенного фиксирующего устройства позволило произвести модернизацию приводов в эксплуатационных условиях, например, на газотурбоходе типа «Инженер Ермошкин» и кораблях ВМФ, что обеспечило повышение их надежности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подгуренко В.С. Снижение пусковых ударных нагрузок судовых ГТД путем модернизации муфты сцепления. – Труды НКИ, 1978, вып. 141.
2. Пусковое устройство. Авторское свидетельство № 632847/Б.Н. Соловей, В.С. Подгуренко, Г.С. Хаин, В.А. Мойсеев. – Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1978, № 42.
3. Кудинов В.А. О включаемости кулачковых и зубчатых муфт на ходу. – В кн.: Исследования в области металлорежущих станков. М., Машгиз, 1952.
4. Кошелев К.Л. Самовыключение жестких сцепных муфт. М., Машгиз, 1961.
5. Пусковое устройство. Авторское свидетельство № 724835/В.С. Подгуренко, Б.Н. Соловей, Г.С. Хаин, В.А. Мойсеев. – Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1980, №12.
6. Подгуренко В.С. Влияние настройки ВАКЭП-140 – 70ПВ на некоторые параметры пусковых систем ГТД. – Труды НКИ, 1980, вып. 168.

УДК 629.5.064.5+621.313.32

Ермошкин Н.Г., Слободянюк Н.В., Стельмах Г.Г.

Особенности управления распределением нагрузки между судовыми синхронными генераторами

Широкое применение в судовых электроэнергетических системах (СЭЭС) мощных вентильных преобразователей (ВП), главным образом тиристорных выпрямителей, приводит к нарушению синусоидальности закона изменения

тока и напряжения синхронных генераторов (СГ). Величина коэффициента несинусоидальности напряжения СГ до 10% становится обычным явлением, а на ряде судов технического флота может достигать значений 20-25%. [1]

В условиях, когда форма кривых напряжения и тока СГ становится переменной и зависит от режимов работы ВП и их удельной мощности, усложняются процессы управления распределением нагрузки между параллельно работающими генераторными агрегатами (ГА). Устройства измерения, контроля и распределения нагрузки получают несинусоидальные сигналы не только по цепям питания, но и по информационным каналам.

Конечной целью распределения нагрузки, как известно, является обеспечение оптимальных режимов работы ГА. Независимо от характера потребителей в СЭС и качества электроэнергии режим работы каждого из параллельно работающих ГА должен характеризоваться равенством относительной механической нагрузки (момента) на валу приводного двигателя и одинаковой тепловой нагрузкой (нагревом) СГ.

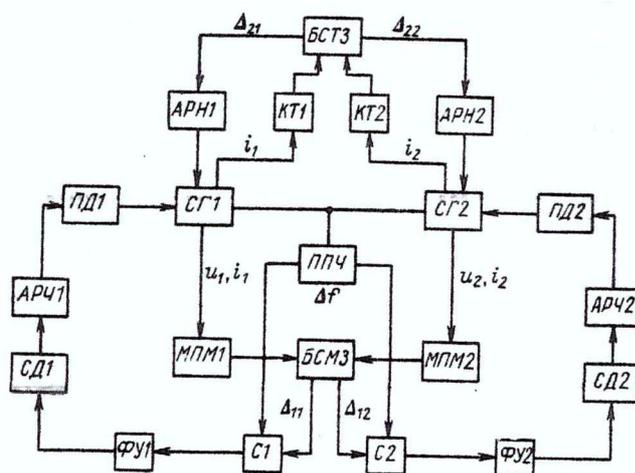


Рис. 1. Структурная схема системы управления распределением нагрузки параллельно работающих генераторных агрегатов.

ПД – приводной двигатель; СГ – синхронный генератор; АРН – автоматический регулятор напряжения; АРЧ – автоматический регулятор частоты; КТ – квадратор тока; МПМ – модуль преобразования мощности; ППЧ – прибор преобразования частоты; БСМЗ, БСТЗ – блоки сравнения механической и тепловой нагрузок; С – сумматор; ФУ – формирователь-усилитель; СД – серводвигатель АРЧ

Существующие системы управления распределением нагрузки не могут обеспечить выполнения этих условий при несинусоидальных напряжениях и токах СГ. В основу измерения нагрузки ГА с такими системами положены вектормерные принципы выделения управляющих сигналов, учитывающие угол сдвига фазы φ между током и напряжением [2]. Формирование управляющих сигналов Δ_1 , Δ_2 для регулирования, соответственно, активной и реактивной мощности СГ происходит с использованием соотношений

$$\Delta_1 \sim I \cos \varphi, \Delta_2 \sim I \sin \varphi,$$

которые оказываются здесь непригодными, так как понятие $\cos \varphi$ или $\sin \varphi$ не соответствует коэффициенту мощности при несинусоидальных процессах [3]. Это приводит к значительным (до 20-25%) погрешностям при измерении нагрузки ГА и, как следствие, к превышению на 5-7% допустимой ее неравномерности, которая ограничивается величиной $\pm 10\%$.

Выравнивание механических нагрузок на валу приводных двигателей и тепловых нагрузок СГ параллельно работающих ГА при любом законе изменения токов и напряжения должно обеспечиваться без использования фазовых соотношения [4, 5]. Тогда формирование управляющих воздействий на генераторный агрегат может быть выполнено на основании соотношений:

по каналам регулирования частоты вращения приводных двигателей

$$\Delta_{1k} = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} u_k(t) i_k(t) dt - \frac{\sum_{j=1}^n \frac{1}{T} \int_t^{t+T} u_j(t) i(t) dt}{n};$$

– по каналам регулирования напряжения СГ

$$\Delta_{2k} = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} [i_k(t)]^2 dt - \frac{\sum_{j=1}^n \frac{1}{T} \int_t^{t+T} u_j(t) i(t) dt}{n},$$

обеспечивающих непосредственную оценку загрузки ГА по активной мощности и тепловому эквиваленту СГ.

Здесь обозначено: j, n – соответственно текущий порядковый номер и общее число параллельно работающих ГА; $u(t), i(t)$ – мгновенные значения напряжения СГ и тока его нагрузки, T – период кривой $i(t)$.

Система управления распределением нагрузки, построенная в соответствии с указанными принципами, показана на рис. 1 для случая двух параллельно работающих ГА. Изменение нагрузки в СЭЭС приводит к изменению нагрузки СГ, что фиксируется модулем преобразования мощности МПМ и квадраторами тока КТ, выходные сигналы которых поступают на блоки БСМЗ и БСТЗ. Суммирование выходных сигналов БСМЗ Δ_{11} и Δ_{12} происходит в сумматорах C_1 и C_2 с дополнительным управляющим воздействием, вырабатываемым прибором преобразования частоты ППЧ, в зависимости от отклонения частоты сети Δf от номинальной, и через формирователи-усилители ФУ и серводвигатели СД поступают в автоматические регуляторы частоты вращения приводных двигателей. Выходные сигналы БСТЗ Δ_{21} и Δ_{22} подаются на автоматические регуляторы напряжений СГ. Регулирование вращающих моментов приводных двигателей и токов возбуждения синхронных генераторов будет продолжаться до тех пор, пока не восстановится напряжение и частота в сети, а механические нагрузки ПД и тепловые нагрузки СГ не уравниваются.

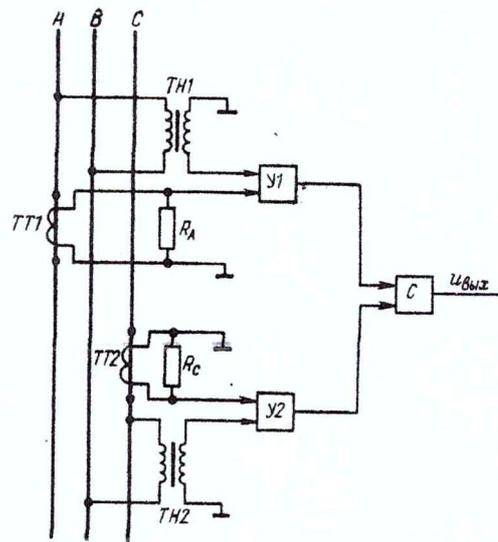


Рис. 2. Схема включения модуля преобразования мощности.
 $ТТ$, $ТН$ – согласующие трансформаторы тока и напряжения; $У$ – умножитель

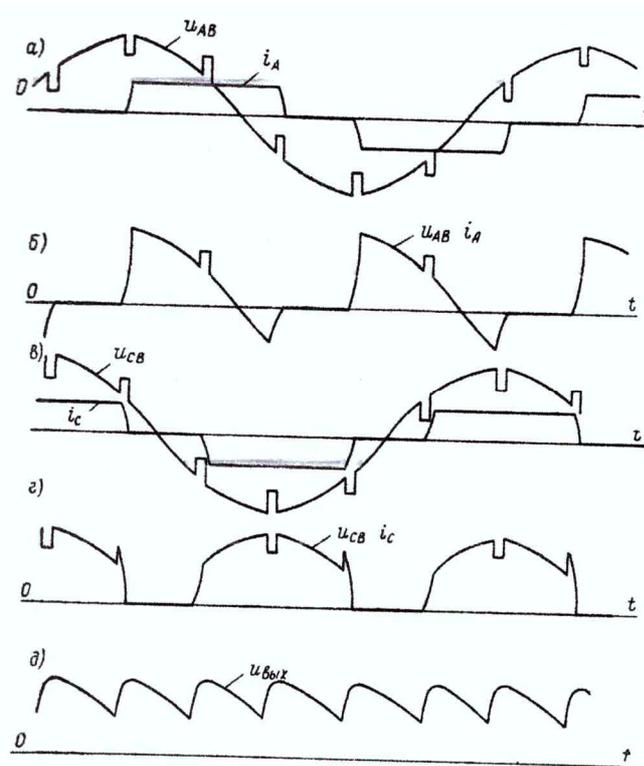


Рис. 3. Временная диаграмма работы модуля преобразования мощности: a , $в$ – напряжения и токи на входе; $б$, $г$ – выходные сигналы умножителей; $д$ – выходной сигнал

Реализация такой системы не представляет трудностей, так как за исключением МПМ и КТ здесь в основном используются серийные устройства (ППЧ, ФУ и т.д.). Модуль преобразования мощности представляет собой датчик трехфазной активной мощности (рис. 2), подключенный по схеме Арона через согласующие трансформаторы тока и напряжения. Сигналы, пропорциональные линейным напряжениям и фазным токам СГ (форма которых при работе СГ на трехфазный мостовой тиристорный выпрямитель показана на рис.

3), перемножаются двумя умножителями $U1$ и $U2$, имеющими одинаковые схемы, которые выполнены на малоинерционных полупроводниковых элементах, и подаются на сумматор. Выходной сигнал сумматора

$$u_{\text{вых}} = k_{\text{п}} (u_{\text{AB}}i_{\text{A}} + u_{\text{CB}}i_{\text{C}}).$$

где $k_{\text{п}}$ – коэффициент передачи, будучи отфильтрованным, дает значение

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u_{\text{вых}}(t) dt,$$

пропорциональное среднему на интервале времени 0-T значению активной мощности СГ. Хорошие результаты выделения постоянной составляющей сигнала обеспечиваются, например, применением активного фильтра четвертого порядка, дающего пульсации не более 1,5% и имеющего постоянную времени 0,01 с.

Следует отметить, что кроме использования в системе распределения нагрузки, МПМ по своим техническим характеристикам пригоден для решения таких задач, как: регулирование частоты по нагрузке; ее уменьшение при перегрузке электрогенераторов; автоматическое включение и отключение резервного ГА; защита от обратной мощности. Это делает модуль преобразования мощности типовым универсальным элементом при управлении нагрузкой в СЭЭС.

Схема квадратора тока представляет собой умножитель, аналогичный умножителю МПМ, на оба входа которого подается напряжение, пропорциональное тому СГ.

Проверка рассматриваемой системы управления нагрузкой параллельно работающих ГА в статических и динамических режимах, проведенная на математической модели и экспериментальном стенде СЭЭС с мощными тиристорными выпрямителями, показала ее высокие технические характеристики: неравномерность распределения нагрузки не превышала допустимой во всем диапазоне изменения режимов работы вентильных преобразователей. На рис. 4 представлена осциллограмма начала и конца моделируемого переходного процесса подгонки частоты и выравнивания относительных нагрузок параллельно работающих турбогенератора мощностью 3000 кВт и дизель-генератора на 1500 кВт в СЭЭС, где номинальная мощность ВП составляла 53% от общей. Система управления восстанавливает частоту до номинальной и выравнивает относительные значения активных мощностей СГ и действующих значений токов нагрузки генераторов. Резкое отличие формы токов СГ объясняется тем, что ротор турбогенератора неявнополюсный, а дизель-генератора – явнополюсный.

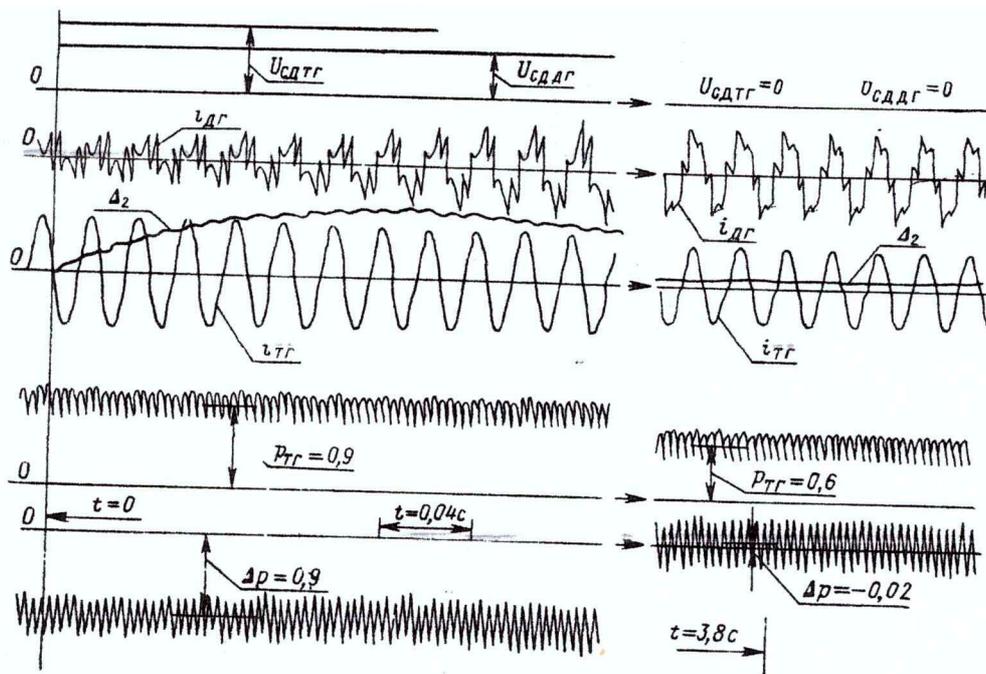


Рис. 4. Осциллограмма переходного процесса выравнивания нагрузки параллельно работающих электрогенераторов.

$i_{дг}$, $i_{тг}$ – токи дизель- и турбогенератора; $P_{тг}$ – активная мощность турбогенератора; ΔP – разность активных мощностей ГА; $U_{сд дтг}$, $U_{сд дг}$ – управляющие сигналы включения серводвигателей СД АРЧ турбо- и дизель-генератора; Δ_2 – управляющее воздействие на АРН СГ

Заключение. 1. В случае несинусоидальности токов и напряжений синхронных генераторов, возникающей при работе в составе СЭЭС мощных вентильных преобразователей, существующие системы управления распределением нагрузки параллельно работающих электрогенераторов не обеспечивают допустимой неравномерности загрузки генераторных агрегатов из-за принципиальных особенностей построения их измерительных органов загрузки.

2. Выравнивание механических нагрузок приводных двигателей и тепловых нагрузок синхронных генераторов при любом законе изменения токов и напряжений может быть обеспечено, если управляющие воздействия в системе распределения нагрузки формируются по разности сигналов, пропорциональных активной мощности генераторных агрегатов и мощности потерь в статорных обмотках синхронных генераторов, эквивалентных их тепловой нагрузке.

3. Система управления распределением нагрузки, построенная в соответствии с предлагаемыми принципами формирования управляющих воздействий, показала при ее проверке на математической модели и экспериментальном стенде высокую точность стабилизации частоты и неравномерность распределения нагрузки между генераторными агрегатами, не превышающую допустимую при любых рабочих режимах вентильных преобразователей в СЭЭС.

4. Технические характеристики элемента системы распределения нагрузки – модуля преобразования мощности позволяют использовать его для решения и других задач: регулирования частоты по нагрузке, разгрузки электрогенератора при перегрузке, автоматического включения и отключения резервного

электрогенератора, защиты от обратной мощности, что соответствует идее повышения системной универсальности устройств автоматического управления нагрузкой в СЭЭС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Единая электроэнергетическая система с мощными тиристорными преобразователями / А.А. Азовцев, Б.Д. Гандин, Н.А. Лазаревский и др. – Судостроение, 1977, № 5.
2. Константинов В.Н. Системы и устройства автоматизации судовых электроэнергетических установок. Л., Судостроение, 1972.
3. Дрехслер Р. Коэффициент мощности и потери в сети при несимметричном и нелинейном потребителе. – Электричество, 1982, № 2.
4. Вилесов Д.В., Гальперин В.Е. Способ распределения активной и реактивной мощностей. Авторское свидетельство № 758380. – Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1980, № 31.
5. Способ управления распределением нагрузки параллельно работающих генераторов переменного тока. Авторское свидетельство № 762091 / В.Г. Богач, Д.В. Вилесов, В.Е. Гальперин, В.Н. Константинов. – Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1980, № 33.

УДК 629.541.41.016.5/043.12+331.101.1

Корощенко Н.Н.

Учет требований эргономики при проектировании рулевой рубки скоростного судна или корабля ВМФ

Скоростные суда повсеместно завоевали широкую популярность. Большая скорость движения, удобства для пассажиров, хорошая проходимость по магистральным и малым рекам позволили этому виду транспорта успешно конкурировать со средствами наземного передвижения. Благодаря научно-техническому прогрессу в судостроении намечается еще более увеличить скорость этих судов, продолжительность суточных пробегов, перейти к эксплуатации скоростного флота в ночное время суток, а также выполнения боевых задач.

Надежность и безопасность плавания скоростных судов тесно связана с дальнейшим улучшением условий труда судоводителей, несущих вахту в рулевой рубке. На решение этой задачи направлены «Методические указания по эргономическому усовершенствованию рулевых рубок судов скоростного флота», разработанные в НИИ гигиены водного транспорта на основе натуральных исследований, проведенных непосредственно на СПК типа «Ракета», «Метеор», «Буревестник», «Восход», «Заря», «Комета» в различных речных и морских бассейнах. Целью исследований было изучение гигиенических и эргономических условий труда и отдыха плавсостава, психофизиологических функций организма, состояния здоровья в заболеваемости членов команды. Требования и рекомендации созданного документа формулировались с учетом

обеспечения не только физического, но и психологического комфорта судоводителя в рулевой рубке. Исследования проводились во время вахт, всего рейса судна и рабочего периода его эксплуатации.

Профессиографические исследования показали, что работа судоводителя связана с переработкой значительного объема информации, нередко в условиях дефицита времени, что требует повышенного нервно-эмоционального напряжения. Вместе с тем наблюдается относительная гиподинамия (малая подвижность), обусловленная постоянным пребыванием человека в ограниченном пространстве помещения рубки. Неблагоприятное влияние на работоспособность может оказывать монотонность обстановки, что проявляется в виде «пересыщения» однообразной, хотя и значимой информацией или, наоборот, дефицита информации.

Гигиенические исследования показали, что судоводители иногда работают в условиях повышенных уровней шума и вибрации, газовых загрязнений воздуха и действия других неблагоприятных факторов. Психофизиологические исследования показали, что уже после 8 ч пребывания в рейсе у судоводителей наступают явления утомления: снижается активность функций центральной нервной системы, зрительного анализатора, работоспособность, внимание, ухудшается вегетативно-сосудистое обеспечение функциональной деятельности организма. Утомление при этом возникает независимо от того, находится ли судоводитель на вахте у штурвала или в подвахте.

Сказанное свидетельствует о большом значении, которое имеет эргономическое совершенствование пульта управления и рубки в целом.

«Методические указания» основаны на следующих исходных положениях:

1. Организация рабочего места судоводителя в рубке скоростного судна должна предусматривать достаточное рабочее пространство, позволяющее вахте осуществлять все необходимые движения и перемещения при эксплуатации судна с учетом необходимости сохранения оптимальной работоспособности в течение всего периода работы.

2. При проектировании пульта управления и организации рабочего места должны предусматриваться меры, предупреждающие или снижающие преждевременное утомление и переутомление оператора, его повышенное нервно-эмоциональное напряжение и статическое утомление мышц, а также появление ошибочных действий, которые могут привести к аварии судна.

3. Конструкция пульта управления и организация рабочего места должны обеспечивать быстроту, безопасность, простоту управления и технического обслуживания в нормальных и аварийных условиях, возможность работы оператора в положении «сидя – стоя».

4. Средства отображения информации, органы управления и другое оборудование в рубке необходимо компоновать относительно рабочего кресла судоводителя, с учетом обеспечения управления судном одним человеком, независимо от числа людей, несущих вахту.

На первом месте в «Методических указаниях» находятся требования по форме и расположению рулевой рубки. Прежде всего предусматривается ее размещение в носовой части корпуса судна, что преследует цель уменьшения

непросматриваемого («мертвого») пространства впереди судна. Не менее важным и принципиально еще окончательно не решенным вопросом является архитектура (форма) рубки. «Методические указания» исходят из необходимости строить рубку с нависающей вперед носовой лобовой стенкой. Такая рубка по эргономичности имеет определенные преимущества по сравнению с наклонной носовой переборкой к корме, так как позволяет увеличить объем и рабочее пространство рубки, исключить отражение в лобовом стекле световых сигналов рабочей индикации и других средств отображения информации с панелей пульта управления. Это отражение в темное время суток или в сумерки затрудняет судоводителю восприятие навигационных знаков и огней судоходной обстановки, особенно в условиях плохой видимости. Кроме этого, наконец, нависание лобовой переборки вперед в значительной степени предохраняет зрение судоводителя от воздействия ослепляющих ярких солнечных лучей («солнечной дорожки»), отраженных от поверхности воды.

Для исключения слепящего действия солнечных лучей на глаза судоводителя следует применять для установки на лобовой переборке полихроматические стекла.

Одним из важных условий высокой производительности труда и надежности работы судоводителя является обеспечение для него кругового обзора с рабочего места по горизонту. Для этого необходимо, чтобы по всему периметру рубки не было широких перемычек или межконных проемов, мешающих свободному обозрению окружающей обстановки. Обычно видимость ухудшается устанавливаемыми на лобовом стекле громоздкими стеклоочистительными устройствами, создающими к тому же дополнительный шум.

Планировка рубки должна обеспечивать свободное размещение в ней навигационного оборудования, пульта управления, кресла судоводителя и возможность установки второго кресла для дублера судоводителя. При этом у судоводителя не должно возникать психологически неблагоприятного дискомфорта ощущения тесноты.

В «Методических указаниях» обращено внимание также на то, что в интерьере рубки и в оформлении ее внутреннего оборудования не должно быть острых выступающих углов или поверхностей, что может стать источником травматизма.

Большой интерес представляет раздел, содержащий эргономические требования к пультам управления и его конструкции. В этом разделе приводятся указания и даны координаты расположения на пульте приборов и других средств отображения информации, размеры пульта, высота его над палубой, величины оптимальных углов расположения приборов в зависимости от кратности и частоты использования их судоводителем. Особое внимание уделяется аварийным сигналам и расположению средств их отображения на пульте.

Специальный раздел посвящен вопросам эргономического совершенствования органов управления. Здесь обращено внимание на их размещение в зависимости от функционального назначения, значимости, частоты и последовательности использования. Перемещение этих органов в ту или иную сторону должно быть согласовано с направлением осуществляемого при помощи этого

перемещения маневра судна. В зависимости от частоты использования органов управления за вахту определяется их размещение в различных зонах, расположенных ближе или дальше от судоводителя. Рекомендуются расстояния от рулевого колеса до палубы рубки и до вахтенного. Даны величины допустимых усилий, требуемых для перемещения органов управления. Обращено внимание проектировщиков на возможность использования на скоростных судах органов управления, приводимых в движение с помощью ножных педалей, рычагов и т.п.

Следующий раздел содержит указания к усовершенствованию рабочего места и кресла судоводителя. Обращено внимание на выбор рабочей позы, определены размеры рабочего кресла, подставок для ног, подлокотников. Обязательным условием, обеспечивающим оптимальную рабочую позу судоводителя, является наличие возможности распрямления спины и ног. Спинка кресла не должна жестко закрепляться к сидению, а иметь возможность фиксации под углом, изменяющимся по желанию водителя. Следует предусмотреть возможность изменения положения сидения по высоте; кресло должно иметь также виброгасящую опору. В разделе приводятся указания о размерах сидения и спинки рабочего кресла в соответствии с антропометрическими данными судоводителя.

В последнем разделе содержатся указания относительно учета требований технической эстетики при разработке рубок и их оборудования. Обращается внимание на создание в интерьере рубки цветового комфорта, окраски движущихся частей в более яркие тона по сравнению с неподвижными, указывается на необходимость применения материалов с матовыми или полуматовыми покрытиями на панелях пульта для устранения зрительного утомления и др.

Следует ожидать, что выпуск «Методических указаний по эргономическому усовершенствованию пульта управления в рулевой рубке скоростных судов» будет способствовать дальнейшему улучшению конструкции рубки этих судов, повышению их эксплуатационных характеристик.

УДК 656.61.052.484

Корощенко Н.Н., Хапов А.П.

Оптимальное управление расхождением судов

Оптимальное управление судном при расхождении с несколькими встречными объектами является сложной навигационной задачей. Это подтверждается многообразием подходов и способов ее решения [1-3], а все ещё высокий уровень аварийности судов в результате столкновений свидетельствует о том, что существующие методы расхождения недостаточно эффективны.

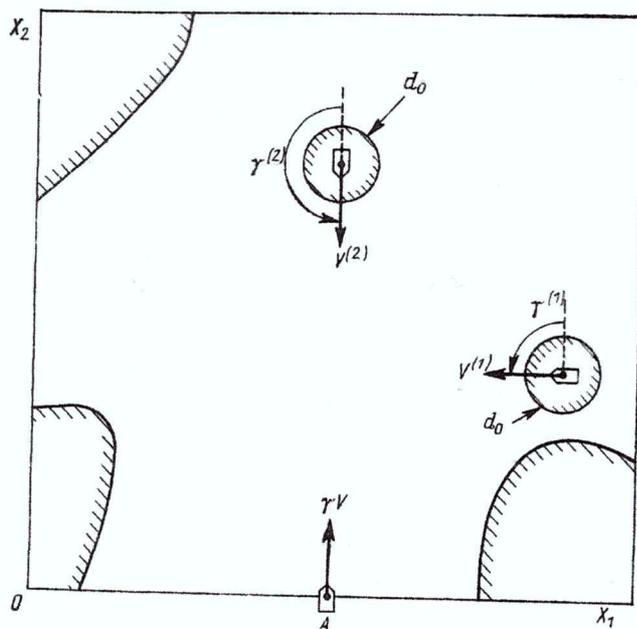


Рис. 1. Ситуация сближения

В данной статье рассматривается подход к решению задачи синтеза оптимального управления судном при расхождении в стесненных навигационных условиях (близость берегов, мели), основанный на применении метода возможных направлений. Определение на борту судна оптимальных курсов сводится при этом к задаче дискретного оптимального управления с использованием кинематических уравнений движения управляемого судна и ограничений типа неравенств на управления и переменные состояния. Особенностью данного решения является наличие обобщенного учета динамики управляемого судна за счет применения первых ограничений, а с помощью вторых – условий района плавания и судоходной обстановки. Сам же метод решения задачи гарантирует отыскание локально оптимальной безопасной траектории расхождения судов (если она вообще существует в сложившейся ситуации и если можно пренебречь случайными воздействиями среды) с использованием судовой ЭВМ.

Математическая формулировка задачи. Рассмотрим судоходную обстановку в неподвижной системе координат X_1OX_2 (рис. 1). Пусть судно A , следующее в момент времени t курсом γ со скоростью V , стремится безопасно разойтись с каждым из встречных судов $A^{(j)}, j = \overline{1, M}$, следующих своими курсами $\gamma^{(j)}$ со скоростями $V^{(j)}$. Расхождение судов A и $A^{(j)}$ считается безопасным на интервале времени $[0, T]$, если в любой момент времени t из этого интервала дистанция их сближения $d^{(j)}(t)$ не меньше некоторого допустимого кратчайшего безопасного расстояния d_0 , выбираемого из практических соображений с учетом динамических возможностей судов и навигационных ошибок:

$$\min_{j=1, M} \left\{ d^{(j)}(t) = \sqrt{(x_1(t) - x_1^{(j)}(t))^2 + (x_2(t) - x_2^{(j)}(t))^2} \right\} \geq d_0 \forall t \in [0, T], \quad (1)$$

где $x_1(t), x_2(t)$ и $x_1^{(j)}(t), x_2^{(j)}(t)$ – декартовы координаты судов A и $A^{(j)}$ соответственно.

Траекторию судна A называют допустимой (или безопасной), если она не попадает в зоны запрещенные или опасного сближения (заштрихованные области на рис. 1). Существование допустимой траектории зависит от конкретной судоходной обстановки, динамических характеристик судна и ресурсов управления. Наилучшую допустимую траекторию называют оптимальной.

Точные формулировки критерия оптимальности могут быть различными. При движении судна в узкости или по фарватеру предпочтительным является широко распространенный критерий минимума перекладки руля (МПР). Ему соответствуют наименьшие энергетические затраты на управление, минимум (среднеквадратичный) угловой скорости судна и, в силу этого, наиболее «спокойная» траектория его движения. В некоторых случаях полезными могут оказаться также критерии минимального среднеквадратичного отклонения судна от заданной траектории движения (МОТ) или от заданного (желаемого) курса (МОК) (например, от оси OX_2 или ее направления). Поэтому в дальнейшем мы исследуем все три критерия.

Отыскание допустимой, а тем более оптимальной траектории лучше всего проводить на основе использования уравнений динамики объектов. Однако полные уравнения динамики судов, описывающие их поведение под действием движителей, рулей и внешних воздействий, обычно слишком сложны, содержат много неизвестных параметров и, вследствие этого, мало пригодны для решения задач оптимального расхождения. Мы будем использовать в дальнейшем в качестве уравнений движения судна A кинематические тождества:

$$\begin{aligned}x_1(t) &= V \sin\gamma(t), x_1(0) = x_{10}, \\x_2(t) &= V \cos\gamma(t), x_2(0) = x_{20}, \\ \gamma(t) &= u(t), \gamma(0) = \gamma_0, t \in [0, T],\end{aligned}\tag{2}$$

где $u(t)$ – скорость изменения курса (угловая скорость) судна A , дополнив их ограничениями на $u(t)$ вида

$$|u(t)| \leq c, \forall t \in [0, T].\tag{3}$$

Неравенство (3) обобщенно характеризует ограниченность динамических возможностей управляемого судна, его инерционность, определяемую максимальной возможной для данного судна скоростью c изменения курса. Соотношения (2) – (3) назовем рестриктивной кинематической моделью движения судна A .

Целесообразно (но не обязательно) наложить также ограничение на диапазон значений курса (например, с целью обеспечения движения объекта A только вперед, в сторону возрастания координаты x_2):

$$|\gamma(t)| \leq \gamma_{\max}\tag{4}$$

и, возможно, на диапазон значений координаты x_1 (при движении в узкости, по фарватеру):

$$x_{1\min}(t) \leq x_1(t) \leq x_{1\max}(t)$$

В данном случае модуль V скорости движения судна A считается постоянным. Тем самым предполагается возможность управления только курсом с помощью $u(t)$. В этой связи величину $u(t)$ будем называть управлением, а величины $x_1(t), x_2(t), \gamma(t)$ – фазовым вектором $x(t)$ судна A . Управление $u(t), 0 \leq t \leq T$,

удовлетворяющее ограничению (3) и, в силу уравнений движения (2) с заданными начальными условиями, фазовым ограничениям (1), (4), (5), называют допустимым управлением.

Теперь задачу выработки судном A оптимального маневра для расхождения с объектами $A^{(j)}$, $j = \overline{1, M}$, в предположении равномерности и прямолинейности их движения (постоянными курсами $\gamma^{(j)}$ скоростями $V^{(j)}$) математически можно сформулировать следующим образом:

Задача. Среди допустимых управлений (если они существуют) $u(t)$, удовлетворяющих ограничениям (1), (3), (4), (5), найти оптимальное управление $u^*(t)$ и соответствующую ему в силу уравнений движения (2) с заданными начальными условиями оптимальную фазовую траекторию $x^*(t)$, обеспечивающие минимум функционала:

$$\frac{1}{T} \int_0^T \varphi(x, u, t) dt \Rightarrow \min, \quad (6)$$

где $\varphi = u(t)$ или $\gamma(t)$ соответственно для критериев МПР, МОТ или МОК.

Ограничения (3) определяют множества $U(t)$ возможных значений управлений $u(t)$ в одномерном пространстве управлений, а ограничения (1), (4), (5) – множества $X(t)$ значений фазового вектора $x(t)$ в 3-мерном евклидовом пространстве фазовых переменных. Поскольку множества $U(t)$ являются замкнутыми отрезками прямой, они ограничены и замкнуты. Множества $X(t)$, очевидно, также будут ограниченными и замкнутыми, если искусственно ограничить переменную $x_2(t)$. Выбирая интервал ее значений достаточно большим, мы практически не сужаем постановки задачи. А тогда для задачи справедлива теорема о достаточных условиях существования оптимального управления [4, с. 33]. Оптимальное управление существует, если для заданного начального состояния $x(0)$ существует хотя бы одно допустимое управление.

Вопрос о существовании и выборе допустимого управления и синтезе оптимального управления рассматривается ниже.

Алгоритм выработки оптимальной траектории расхождения. Решение задачи а для каждого данного начального состояния определяют оптимальную траекторию безопасного расхождения судна A со встречными судами. Поскольку аналитически решить задачу а невозможно, необходимо построить алгоритм ее численного решения. Для этого предлагается использовать метод возможных направлений, взяв за основу общую схему, разработанную в [4], и модифицировав ее для случая невыпуклых областей $X(t)$ фазового пространства, характерного для рассматриваемой задачи оптимального расхождения. Алгоритм работает в дискретном времени с шагом $\Delta = T / N$ и может быть легко реализован на судовой ЭВМ.

Как следует из [4], реализация метода возможных направлений состоит из следующих этапов:

- определение произвольного допустимого управления;
- выбор подходящего допустимого направления (в пространстве управлений), в котором следует изменить это управление, чтобы его улучшить;

- определение длины шага вдоль выбранного направления, максимально улучшающего управление без нарушения ограничений;
- получение нового управления и оценка его оптимальности.

Допустимое управление для задачи a можно определить, основываясь на физической стороне явления. Однако бывает, что решение задачи не является тривиальным. В этом случае начальное допустимое управление находится из решения вспомогательной оптимизационной задачи по схеме, изложенной в [4, с. 184]. Решение этой вспомогательной задачи можно получить тем же методом, что и исходной задачи a . Однако для нее допустимым является уже любое управление. Если решение вспомогательной задачи удовлетворяет определенным условиям [4], оно принимается за допустимое управление исходной задачи a . Если нет, то, очевидно, допустимого управления для данного начального состояния не существует и исходная задача a решения не имеет. Это означает, что в сложившейся ситуации никаким маневрированием не удастся избежать опасного сближения или столкновения, если продолжать идти вперед с прежней скоростью. В этом случае необходимо управлять также и скоростью движения.

Если найдено допустимое управление, то его можно улучшить, изменив на некоторую величину в выбранном направлении в пространстве управлений. Для определения подходящих направлений, не ухудшающих функционал качества (6), строится специальная задача линейного целочисленного программирования [4, с. 186], которая решается стандартных симплекс-методом. Из ее решения получается оптимально возможное направление улучшения управления. Если задача не имеет решения, то приходим к заключению, что управление уже нельзя улучшить.

После того, как найдено направление улучшения управления, определяется наилучшая длина шага вдоль этого направления, не превышающая максимально возможную при ограничениях (3) на управления (по схеме [4, с. 188]) и обеспечивающая при этом минимальное значение критерия (6), допускаемое фазовыми ограничениями (1), (4), (5). Для этого решается вторая вспомогательная оптимизационная задача (по схеме [4, с. 177]). В результате получается новое (улучшенное) управление.

Используя уравнения движения (2), находим новую допустимую траекторию и вычисляем на ней значение функционала (6). Если его относительное изменение мало (не превышает малого числа $\delta > 0$), то новое управление с некоторой точностью (зависящей от δ) определяет локальный экстремум целевой функции. В противном случае процесс уточнения повторяется в течение еще одной или ряда итераций.

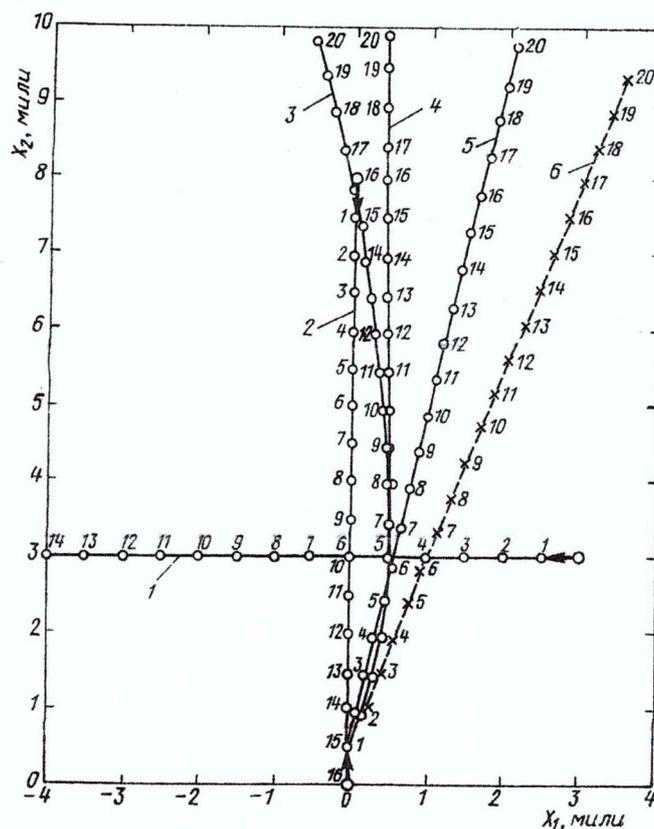


Рис. 2. Траектории расхождения

Таким образом, алгоритм, описанный выше, для каждого заданного начального момента времени $\kappa = 0$ и начального условия x_0 позволяет сформировать с заданной точностью за конечное число итераций оптимальное (локально) управление $u^*(\kappa)$, $\kappa = 0, N-1$ и оптимальную (локально) безопасную траекторию расхождения $x^*(\kappa)$, $\kappa = 0, N$, начинающуюся в точке $x^*(0) = 0$. При переходе судна в новую точку фазового пространства последняя принимается за новое начальное состояние, и задача решается заново.

Результаты цифрового моделирования алгоритма расхождения на ЭВМ. Описанный алгоритм исследовался нами на ЭВМ. На рис. 2 в качестве примера представлены результаты математического моделирования на ЭВМ процесса расхождения судов типа «Маринер» [5] ($c \sim 0,5^0/c$) с двумя судами (одно судно на поперечном курсе, другое – на встречном). Допустимая дистанция кратчайшего сближения $d_0 = 0,5$ мили, шаг квантования времени $\Delta = 0,025$ ч ($T = 0,5$ ч, $N = 20$), скорости судов равны 20 уз. Показаны результаты решения задачи, полученные с требуемой относительной точностью $\delta = 10^{-3}$ для различных критериев оптимальности управления. Моменты времени оцифрованы порядковыми номерами. Траектория 6 соответствует некоторому произвольному допустимому управлению. Траектории 5, 4 и 3 – управлениям, оптимальным по критериям МПР, МОК и МОТ соответственно. Траектории 1 и 2 характеризуют движение встречных судов. Как видно из рис. 2, разным критериям соответствуют и разные траектории оптимального расхождения, характерные для этих критериев. Наглядно видны самые опасные моменты времени

(пятый и шестой – с поперечной целью и восьмой – со встречной целью). В то же время хорошо видно, что минимальное сближение с целями больше допустимой дистанции кратчайшего сближения.

Результаты моделирования позволяют сделать вывод о хорошей работоспособности предлагаемого алгоритма. Уже за небольшое число итераций (от двух до восьми) удастся получать хорошее решение в темпе реального времени на ЭВМ типа СМ-4, причем время решения практически не зависит от числа встречных судов. Однако в силу того, что в задаче а не все ограничения выпуклы (хотя конусы возможных направлений [4] обладают свойством выпуклости), в результате могут получаться локально оптимальные решения. Если поставлена задача разойтись без столкновения со встречными судами каким-либо наилучшим образом, не обязательно добиваясь абсолютного экстремума критерия качества управления, то и локально оптимальное решение может удовлетворить судоводителя. Однако при желании (и если позволяют вычислительные мощности судовой ЭВМ) можно решать задачу расхождения многократно, начиная с различных допустимых решений, при этом мы будем получать, возможно, разные локально оптимальные решения. Среди них нетрудно выбрать наилучшее. Его также можно брать за решение задачи. Право такого выбора целесообразно оставить за судоводителем.

Таким образом, исследование на ЭВМ предлагаемого здесь подхода к решению задачи безопасного расхождения подтверждает его работоспособность и быструю сходимости к локально оптимальному решению. Поэтому этот подход можно рекомендовать к дальнейшему рассмотрению и использованию при решении задач оптимального управления судами при расхождении в сложной судоходной обстановке, если влиянием случайных факторов на управляемое судно можно пренебречь.

Заметим, что предположение о равномерном прямолинейном движении встречных объектов $A^{(j)}$ не является ограничительным при практическом применении рассматриваемого подхода, так как подразумевается, что информация о параметрах движения самого объекта A (т.е. x , обновляется на каждом шаге фактически используются только начальные значения последовательностей оптимальных управлений. Следовательно, оптимальная угловая скорость судна в каждый данный момент времени является функцией его фазовых координат и судоходной обстановки в этот же момент времени, т.е. начальное управление каждый раз является позиционным. Продолжение же последовательности оптимальных управлений и вырабатываемая алгоритмом оптимальная траектория являются программными и могут использоваться судоводителем в качестве оптимального прогноза, пересчитываемого на каждом последующем шаге.

В данной работе рассмотрен случай управления только курсом, как наиболее распространенный и простой. Аналогичным образом можно решить задачу и при управлении двумя параметрами: курсом и скоростью, хотя при этом неизбежно возрастут размерность задачи и вычислительные затраты при ее решении на ЭВМ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Георгизон Е.Б., Цаллагов Х.-Б. Н. Сравнительный анализ алгоритмов расхождения судов. – В кн.: Теоретические вопросы построения АСУ крупнотоннажными транспортными судами. М., Наука, 1978, с. 93-103.
2. Деменцов В. Расчет оптимального маневра расхождения при большой плотности движения. – Морской сборник, 1977, № 12.
3. Кудряшов В.Е. Синтез алгоритмов безаварийного управления судном при расхождении с несколькими объектами. – Морской сборник, 1977, № 12.
4. Пропой А.И. Элементы теории оптимальных дискретных процессов. М., Наука, 1973.
5. Соболев Г.В. Управляемость корабля и автоматизация судовождения. Л., Судостроение, 1976.

УДК 629.572.036

Шаров Р.А.

Институт ВМС Национального университета “Одесская морская академия”

Некоторые особенности эксплуатации водометных движителей на скоростных кораблях ВМФ и торгового флота

Водомётные движители получили широкое применение в военно-морском флоте и судах на подводных крыльях. Водометные движители, как правило, применяются на судах, эксплуатирующихся в условиях мелководья и на загрязненной акватории. Однако в последние годы они все чаще устанавливаются на судах с динамическими принципами поддержания, что объясняется возможностью получить высокие пропульсивные качества судна, а также наличием ряда конструктивных и эксплуатационных преимуществ, которые нашли широкое применение на кораблях ВМФ.

В статье рассмотрены некоторые гидродинамические и конструктивные особенности водометов, позволяющие им конкурировать с другими типами движителей и прежде всего с гребными винтами.

Хотя КПД рабочего колеса водомета может быть несколько выше, чем КПД гребного винта в свободной воде, наличие гидравлических потерь в проточной части водометного движителя приводит к тому, что его КПД всегда меньше, чем у некавитирующего гребного винта оптимальных образований. Однако при проектировании судна далеко не всегда удается разместить такой винт и избежать его кавитации, и, как следствие этого, получить теоретически возможный КПД.

В то же время, изменяя скорость потока на входе в рабочее колесо водометного движителя, можно избежать кавитации и сохранить КПД водомета по мере роста скорости хода. Действительно, если пренебречь взаимодействием движителя и корпуса судна, тяга (T) водометного движителя будет равна:

$$T = m(v_i - v_0),$$

где $m = \rho F_s v_s$ – масса воды, протекающая через движитель за единицу времени;

F_s – площадь диска рабочего колеса;
 v_s – скорость подтекания к рабочему колесу;
 v_i – скорость истечения из сопла;
 v_0 – скорость движения судна.

Из формулы следует, что, увеличивая скорость v_i , можно при заданном значении тяги уменьшить скорость v_s , а, следовательно, повысить статическое давление на входе в рабочее колесо.

Полагая, что кавитация возникает, когда давление в какой-либо точке потока равно давлению насыщенных паров воды P_d , запишем условие возникновения кавитации рабочего колеса в виде

$$P_s - P = P_d,$$

где P_s – давление на входе в рабочее колесо;
 P – разрежение на лопасти рабочего колеса.

В безразмерной форме это соотношение имеет вид

$$x_s > \bar{P},$$

$$\text{где } x_s = \frac{P_s - P_d}{\frac{\rho v_s^2}{2}} \text{ – число кавитации;}$$

ρ – плотность воды.

При правильном проектировании рабочего колеса, обеспечивающем безударное обтекание его лопастей, коэффициент разрежения на поверхности элемента лопасти находится по приближенной формуле

$$\bar{P} = \frac{C_y}{1,6} + 2S,$$

где C_y – коэффициент подъемной силы элемента;
 S – относительная толщина элемента.

Первое слагаемое этого выражения характеризует величину падения давления на лопасти, необходимую для создания рабочим колесом заданного напора, и пропорционально ему, второе – определяется телесностью лопасти и от режима работы колеса не зависит; влияние второго члена тем меньше, чем больше нагрузка рабочего колеса.

Уменьшение скорости v_s за счет увеличения поджатия сопла приводит к повышению числа кавитации x_s , однако одновременно происходит увеличение напора, приводящего к росту коэффициента C_y . Поэтому, если не учитывать влияние телесности на величину разрежения, кавитационные характеристики рабочего колеса не зависят от степени поджатия сопла. Однако в реальных условиях это влияние значительно, поэтому можно существенно улучшить кавитационные характеристики путем увеличения поджатия сопла. На рис. 1 показана зависимость критического числа кавитации от коэффициента поджатия

сопла β (отношения площади сопла и площади рабочего колеса) при постоянной нагрузке одноступенчатого водометного движителя. Минимальному числу кавитации на этом рисунке соответствует оптимальное значение коэффициента поджатия. Величина оптимального поджатия сопла зависит от нагрузки; при больших нагрузках степень поджатия сопла меньше (рис. 2).

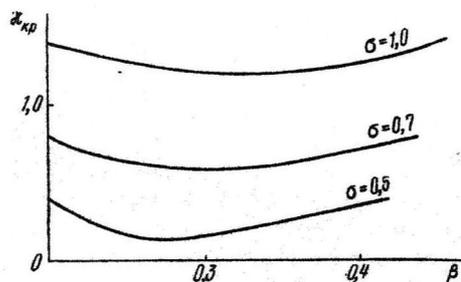


Рис. 1. Зависимость критического числа кавитации одноступенчатого водометного движителя от коэффициента поджатия сопла при различных коэффициентах нагрузки.

Для улучшения кавитационных качеств водометных движителей необходимо наряду с увеличением x_s применять многоступенчатые рабочие колеса, снижая тем самым напор и величину C_y на каждой ступени. Поскольку давление, а, следовательно, и число кавитации в многоступенчатом движителе будет возрастать от ступени к ступени, необходимо распределять нагрузку между ними с таким расчетом, чтобы последующие ступени были более нагружены, чем предыдущие. Рекомендации по распределению нагрузки, обеспечивающему наивысшие кавитационные качества, даны в работе М.А. Мавлюдова и др. Проведенные исследования показывают, что рациональный подбор числа ступеней рабочего колеса и коэффициента поджатия сопла обеспечивает бескавитационную работу водометного движителя.

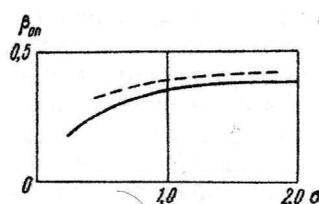


Рис. 2. Зависимость оптимального поджатия сопла от коэффициента нагрузки.
 — — — — оптимум по КПД;
 - - - - оптимум по критическому числу кавитации.

Выше рассматривались вопросы кавитации рабочего колеса, хотя в общем случае она может возникать и в проточной части движителя.

Как уже отмечалось, изменение коэффициента поджатия β оказывает влияние на КПД и тяговые характеристики водометного движителя. КПД водометного движителя определяется в основном тремя факторами: индуктивными потерями энергии, связанными с величиной вызванных скоростей в струе;

гидравлическим сопротивлением водопроточного тракта; потерями энергии в рабочем колесе.

Потери энергии в рабочем колесе можно свести к минимуму в широком диапазоне изменения режима работы движителя, если правильно выбрать его элементы, поэтому в первом приближении допускается считать их не зависящими от β в реальном диапазоне его изменения.

Индуктивные потери при увеличении поджатия сопла возрастают вследствие повышения скорости выброса струи, что ведет к уменьшению КПД. В то же время гидравлическое сопротивление водопроточного тракта снижается, поскольку при поджатии струи уменьшается расход воды. Поэтому для каждого значения нагрузки существует оптимальное значение коэффициента поджатия. С увеличением коэффициента нагрузки величина оптимального поджатия уменьшается; при возрастании коэффициента гидравлических потерь целесообразно увеличить поджатие сопла.

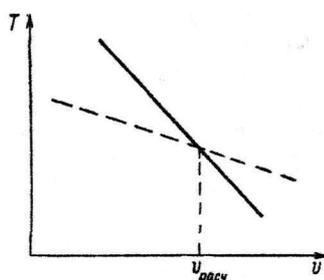


Рис. 3. Зависимость тяги водометного движителя при постоянной частоте вращения от скорости судна

— — — — $\beta = 0,2$; — — — — $\beta = 0,6$

На рис. 2 показана зависимость оптимального коэффициента поджатия от коэффициента нагрузки σ . В общем случае оптимальные значения β , определенные из условия получения наибольшего КПД и минимального значения числа кавитации, отличны друг от друга, однако характер изменения этого коэффициента от нагрузки в обоих случаях аналогичен, а их величины близки.

Уменьшение коэффициента поджатия приводит к снижению доли набегающего потока в скоростном напоре струи движителя, в результате чего зависимость величины тяги и потребляемой мощности от скорости хода становится более полой (рис. 3). Эта особенность водометного движителя благоприятна с точки зрения загрузки двигателя при колебаниях скорости (например, при движении на волнении), но сами амплитуды колебаний скорости будут большими, чем у судна, оборудованного движителем с более крутой тяговой характеристикой. Пологий характер зависимости тяги водометного движителя от скорости хода затрудняет разгон судов с динамическими принципами поддержания, особенно СПК, для которых характерно наличие на этом режиме повышенного буксировочного сопротивления.

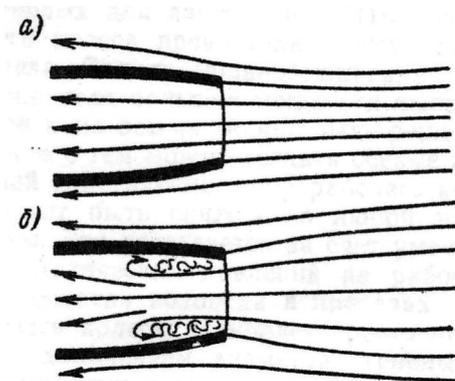


Рис. 4. Схема обтекания водозаборного патрубка: *a* – расчетный режим; *б* – режим разгона.

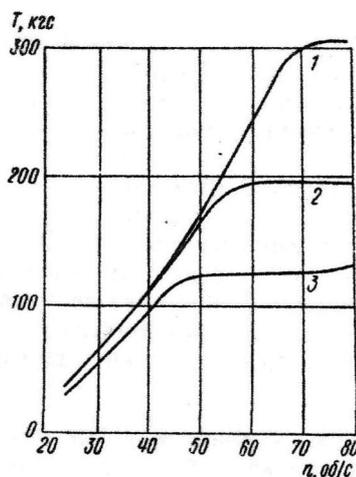


Рис. 5. Зависимость тяги движителя на швартовах от частоты вращения рабочего колеса при различных отношениях площади водозаборного патрубка к площади диска рабочего колеса (\bar{f}).

$$1 - \bar{f} = 0,940 ; 2 - \bar{f} = 0,650 ; 3 - \bar{f} = 0,475$$

Трудность усугубляется тем, что изменение соотношения между скоростью набегающего потока и скоростью в водозаборнике создает условия для срыва потока в районе входа в водозаборный патрубок (рис. 4). Это приводит к повышению гидравлических потерь в проточной части и снижению тяги движителя, поскольку появляется необходимость затрачивать часть напора рабочего колеса на преодоление дополнительного сопротивления. Кроме того, повышение гидравлических потерь приводит к снижению давления и числа кавитации перед рабочим колесом и может явиться причиной возникновения кавитации его лопастей и дальнейшего снижения тяги движителя.

Неблагоприятное влияние этих факторов уменьшится, если увеличить входное сечение водозаборного патрубка. Степень эффективности подобного мероприятия иллюстрируется рис. 5. Однако увеличение размеров водозаборного патрубка, улучшая условия преодоления «горба» сопротивления и разгона судна, приводит к снижению скорости полного хода СПК за счет влияния дополнительного внешнего сопротивления.

Применительно к СПК проблема может быть решена с помощью двухрежимного водозаборника, конструктивная схема которого дана на рис. 6. Водозаборник имеет два входных патрубка. Основной, расположенный на уровне несущих крыльев, выбирается оптимальным из условия достижения наибольшей скорости хода. Дополнительный патрубок располагается выше ходовой ватерлинии, работает лишь на режиме разгона и обеспечивает снижение гидравлических потерь на этом режиме. Водозаборник подобной конструкции позволяет значительно увеличить скорость и улучшить тяговые характеристики двигателя в процессе разгона.

При проектировании водометных движителей водоизмещающих и глиссирующих судов необходимо учитывать влияние корпуса на их тяговые и пульсированные характеристики. Из общей теории движителей известно, что пульсированный коэффициент увеличивается за счет использования энергии попутного потока трения. Конструктивные особенности водометных движителей позволяют обеспечить прохождение через их гидравлическое сечение наиболее подторможенных слоев жидкости из пограток трения. Для этой цели водозаборное отверстие необходимо располагать в кормовой оконечности судна перпендикулярно диаметральной плоскости, чтобы отбирать поток с большей части ширины днища.

Экспериментальные исследования показывают, что рациональное проектирование водозаборника способствует увеличению попутного потока трения в 2-3 раза и позволяет получить коэффициент влияния корпуса больше единицы (1,05-1,15). В то же время у судов с гребными винтами, которые во избежание вибрации располагают на значительном расстоянии от корпуса, коэффициент влияния корпуса всегда меньше единицы вследствие того, что наиболее энергонасыщенная часть попутного потока минует гидравлическое сечение винта. Это обстоятельство позволяет поднять конкурентоспособность водометных движителей, установленных на водоизмещающих и глиссирующих судах.

В качестве рабочего колеса водометных движителей применяются осевые или центробежные насосы, коэффициент полезного действия которых практически одинаков. Центробежные насосы характеризуются высокими значениями напора, и для обеспечения требуемого расхода их подключают параллельно. Осевые насосы, обеспечивающие необходимый расход, не всегда позволяют достичь заданных значений напора, поэтому их включают последовательно.

Недостатком осевых насосов является значительная величина упора рабочего колеса и, как следствие, большая сила давления на упорный подшипник насоса, которая зависит также от величины коэффициента поджатия сопла. При $\beta = 0,2-0,3$, характерных для движителей СПК, осевое усилие рабочего колеса превосходит тягу движителя в 2-4 раза. Задача уравнивания силы упора для движителя большой мощности является весьма сложной и не всегда может быть решена.

Вместе с тем можно создать осевые насосы специальной конструкции, упор рабочего колеса которых может быть снижен до любой желательной величины. Это достигается за счет уменьшения перепада статических давлений

на рабочем колесе путем поджатия водовода в пределах осевой протяженности колеса. Наиболее просто это осуществляется увеличением диаметра ступицы от входящих к выходящим кромкам рабочего колеса. Варьируя отношением площадей выходного и входного сечений водовода, которое определяется приближенным выражением

$$\frac{F_1}{F_s} = \frac{v_s}{v_s + \sqrt{2gH}},$$

можно обеспечить нулевой упор рабочего колеса. Согласно работе [2], упор (P) рабочего колеса такого типа определяется из выражения

$$P = \pi R^2 \gamma H - \pi \rho \left(\frac{gH}{\omega} \right)^2 \left(\ln \frac{R}{r_{ct}} + 1 \right) - \frac{\rho}{2} F_s (v_i - v_s)^2,$$

где R – радиус рабочего колеса;
 γ – удельный вес воды;
 H – напор рабочего колеса;
 ω – угловая скорость вращения рабочего колеса;
 r_{ct} – диаметр ступицы на выходе из рабочего колеса.

Приведенная формула позволяет определить соотношение между скоростями v_i и v_s , обеспечивающее заданное значение P .

Центробежные насосы имеют определенные преимущества перед осевыми: в случае двустороннего всасывания осевая сила на валу рабочего колеса практически отсутствует, а сила реакции струи движителя оказывается приложенной к стенкам улитки насоса и водозаборника.

Большинство водометных движителей снабжается реверсивно-рулевыми устройствами, предназначенными для изменения направления действия тяги движителя. Маневренные качества судов, оборудованных реверсивно-рулевыми устройствами, весьма высоки, даже одновальное судно может развернуться практически на месте. Это объясняется тем, что при отклонении струи наряду с увеличением боковой силы уменьшается и тяга движителя, поэтому отношение боковой силы к силе тяги, определяющее маневренные характеристики судна, может быть сколь угодно большим. Однако такой метод управления движением судна не во всех случаях приемлем. Например, на СПК при получении большой боковой силы тяга движителя может настолько уменьшиться, что произойдет срыв режима движения. Поэтому для управления СПК на больших скоростях рационально применять обычные рулевые устройства.

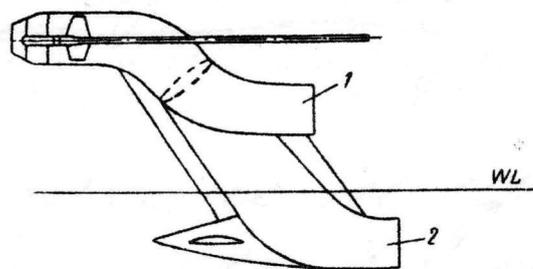


Рис. 6. Схема двухрежимного водозаборника СПК.

1 – дополнительный водозаборный патрубок; 2 – основной водозаборный патрубок

Необходимо отметить, что рассмотренные выше особенности водометных движителей характерны главным образом для быстроходных судов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликов С.В., Храшкин М.Ф. Водометные движители. Л., «Судостроение», 1980.
2. Мавлюдов М.А., Русецкий А.А., Садовников Ю.М., Фишер Э.А. Движители быстроходных судов. Л., «Судостроение», 1983.

УДК 629.5.081.328(571.в)«324»

Гончаренко П.Д.

Опыт зимнего докования кораблей и судов Тихоокеанского флота

Условия зимнего докования кораблей и судов на дальневосточных судоремонтных заводах характеризуются большой сложностью из-за низких температур воздуха и больших толщин льда на акваториях предприятий. В связи с этим представляет интерес опыт круглогодичной эксплуатации плавучих доков (не приспособленных к этому при постройке) на Северном судоремонтном заводе (Советская Гавань).

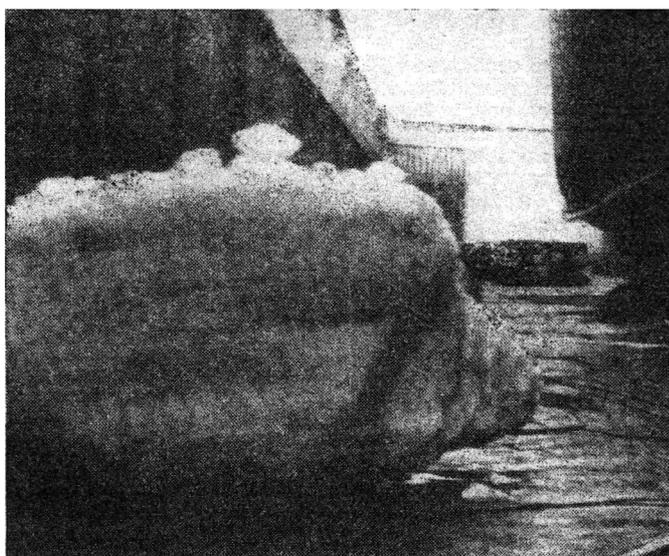
Регулярные докования зимой стали проводиться с начала 60-х гг. Начали с попытки создания незамерзающих участков акватории с помощью пневмозащиты. У рабочего торца дока на площади 600 м² и по его периметру были проложены по грунту трубопроводы, в которые непрерывно подавался сжатый воздух. На другом доке вместо трубопроводов использовали резиновые шланги. Сплошной майны над трубопроводами создать таким образом не удалось – были отдельные лунки, однако толщина льда во всем этом районе была наполовину меньше, чем на остальной акватории.

Вторая попытка заключалась в перемешивании донной воды с поверхностной, для чего на рабочем торце стапель-палубы дока, у башен, были установлены два насоса производительностью 1800-2000 м³/ч с напором 0,1 МПа (запасные водоотливные насосы дока). Отливной трубопровод насосов располагался под углом 30° к поверхности воды. При непрерывной работе насосов в течение месяца получили майну площадью 300 м². Однако как в первом, так и

во втором случае усилия по созданию незамерзающей акватории сводились на нет, когда к доку подходили ледокол и буксиры и начинали подготовку акватории к проведению доковой операции – она забивалась льдом. Кроме того, затраты на прокладку трубопроводов, работу компрессоров и насосов были значительны. Следует отметить, что на глубине 15-16 м (с которой пытались поднять теплую воду) вода в январе имеет температуру минус 2 °С. Теплового эффекта практически не было, а создание незамерзающей акватории путем механического перемешивания воды на большой площади было непосильной задачей. Поэтому от этих методов пришлось отказаться.

Опыт эксплуатации доков показал, что соблюдение требования по созданию вокруг дока майны оказалось излишним: доки средней грузоподъемности в лед не вмерзали. Необходимо было только не допускать попадания льда в междубашенное пространство дока, на его стапель-палубу.

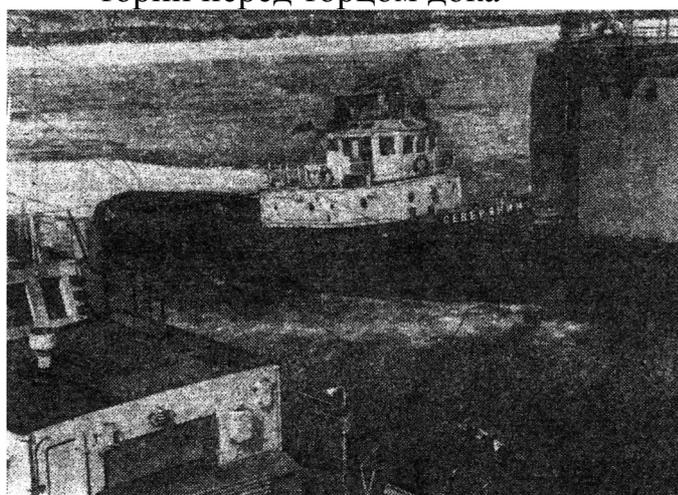
Задача защиты доков от попадания льда была решена путем создания пневмозавесы прокладкой на грунте у торца дока трубопроводов диаметром 102 мм (с отверстиями диаметром 2 мм для выхода сжатого воздуха) и нескольких трубопроводов диаметром 76 мм (отсечных) поперек стапель-палубы. Длина каждого из трех трубопроводов, расположенных перпендикулярно торцу дока длиной 130 м и шириной 31 м (два вдоль башен, один – по диаметральной плоскости) составляет 200 м. В сочетании с работой буксиров в упор в башни дока этот метод практически исключил массовое попадание льда в док. Отдельные плавающие в междубашенном пространстве дока льдины удалялись с помощью металлических секций лесов, подвешенных на гаках доковых кранов. В некоторых случаях после плотной посадки судна на кильблоки и осушения дока на 1-1,5 м использовалась энергетическая установка судна и струей от винта (на оборотах, соответствующих малому ходу) выгонялся лед.



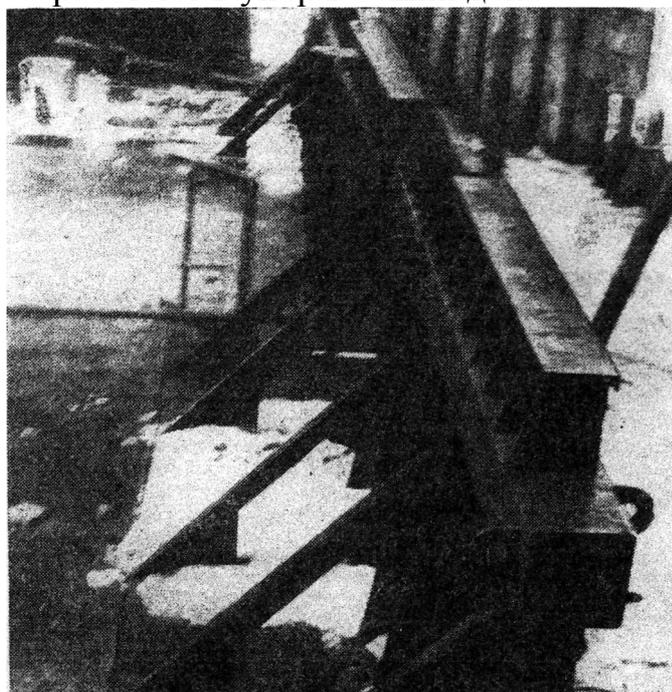
Льдина на стапель-палубе дока



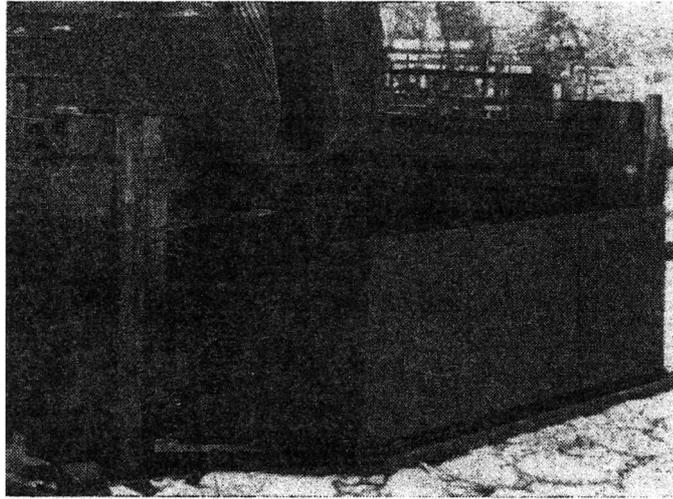
Задержание льда с помощью пневмосистемы, проложенной по дну акватории перед торцом дока



Ввод судна в док. В пневмосистему подается сжатый воздух, буксиры работают в упор в башни дока



Скребок для очистки днища судна от льда



Ветрозащитное закрытие торца дока

Последовательность действий при проведении зимнего докования следующая. За 7-10 дней до постановки судна в док водолазы делают осмотр днища корабля или судна. Если на корпусе есть «ледовая чаша», в отсеки судна этого района на треть их высоты заливается вода и подается пар. Перед постановкой судна производится повторный водолазный осмотр. После подготовки опорного устройства до погружения дока судно подводится вплотную к его кринолину, к торцам башен подходят буксиры. В трубопроводы, расположенные на грунте, подается воздух, одновременно начинают работать буксиры. В результате перед оконечностью дока создается майна. После этого водолазы осматривают доковое опорное устройство, и затем док погружается до осадки, которая обеспечивает зазор в 150-200 мм между днищем и закрепленным на торце дока скребком. Назначение скребка – счистить с днища корабля (судна) лед, попавший туда в результате работы винтов ледокола и буксиров. Шпилями дока судно (корабль) вводится в междубашенное пространство, при этом зазор между днищем и скребком может регулироваться.

При посадке корабля (судна) на опорное устройство важно установить соответствие глубины воды над килевой дорожкой осадке судна (корабля). Для этого ведется контроль за срабатыванием электрических замыкателей, показывающих плотность посадки судна (корабля) на опоры. После осушения судна (корабля) на 200-300 м водолаз тщательно осматривает его посадку. Затем док осушается на 1,5 м и отдельные льдины, попавшие в док, удаляются с помощью кранов.

При подготовке к зимнему докованию были выполнены следующие мероприятия по модернизации доков: балластные отсеки оборудованы системой обогрева; в водоотливную систему осуществлен подвод сжатого воздуха; установлены скребок, система отгона льда и направляющие на торцах башен для работы буксиров в упор. Кроме того, в доках увеличены мощности компрессорных установок, оборудованы отсеки для нагрева воды и установлены эжекторы для смыва льда и снега со стапель-палубы горячей водой. Для стока воды со стапель-палубы композитного дока выполнены шпигаты. Были также смон-

тированы сигнализаторы выхода воздуха из балластных отсеков и электрические датчики контроля посадки судна. В торцевых частях доков предусмотрена ветровая защита.

На буксирах оборудованы переносные водолазные станции.

В отдельных случаях по вине докмейстера или недостаточной квалификации водолазов возникали ситуации, которые приводили к необходимости вывода судна из дока и повторной его постановки. Так, несоблюдение зазора между скребком и днищем приводило к тому, что под корпусом судна оставался лед, из-за которого корабль (судно) выводили из дока и всю операцию повторяли.

«Ледовую чашу», равномерно покрывающую корпус неопытный водолаз иногда не обнаруживал. При постановке судна корпус в таких случаях повреждений не имел, но приходилось в аварийном порядке выплавлять лед паром. Если на стапель-палубе не убрали весь лед, накопившийся при доковании, то при вводе очередного корабля или судна он всплывал и оставался под его днищем. Докование приходилось повторять.

Необходимо внимательно следить за приемниками водоотливной системы, клинкетам, воздушными трубами, так как возможно их замораживание. Следует проверять, спущена ли вода, принятая для баллаستирования корабля или судна, поскольку возможно ее замерзание в цистернах.

В процессе организации зимнего докования кораблей или судов возникает ряд организационных проблем, появляются дополнительные работы, связанные с испытанием отсеков и арматуры, подготовкой рабочих мест, устранением мелких повреждений дока и другие. В связи с ухудшением условий труда в зимнее время, целесообразно ввести в нормативы трудоемкости соответствующий коэффициент. Некоторые вынужденные изменения в технологии проведения работ, например окрасочных, требуют изменения нормативов суточной выработки.

В целом круглогодичное докование кораблей и судов приносит значительный экономический эффект, возрастает пропускная способность доков, достигается их более равномерная загрузка в течение года.

УДК 629.5.052.3

Корощенко Н.Н., Кубицкий Р.О.

Интегральный индикатор навигационной обстановки

Статья посвящена актуальному вопросу создания интегрального рабочего места судоводителя, составу и объему информации, выносимой на экран средства автоматизированной радиолокационной прокладки (САРП), в частности вынесению на индикатор стилизованной картографической информации и ее привязки к местности.

Идея создания индикаторного устройства, обеспечивающего объединенное отображение радиолокационной и картографической информации на одном экране, не нова. Создание новых навигационных приборов хотя и повышает

защиту, надежность и точность информации об окружающей обстановке о положении и параметрах движения судов, не является достаточным для решения всех проблем, связанных с эффективным управлением судном. Фактически с увеличением количества приборов на мостике работа штурмана усложняется, так как обстоятельства и условия плавания (особенно в проливах и узкостях) требуют в настоящее время от судоводителей все более быстрой и одновременной обработки навигационной информации, поступающей от разных источников (РЛС, радионавигационных систем, САРП, навигационных карт и т.д.) и представляемой в различной форме – буквенно-цифровой, графической, визуальной, звуковой.

Только концентрация всей необходимой информации на экране одного индикатора и представление ее в наиболее наглядном виде дадут судоводителю возможность осуществлять общий анализ складывающейся навигационной обстановки и принимать решения по управлению судном без предварительной обработки и мысленного объединения всех получаемых данных. Особенно важно иметь такой интегральный индикатор на ледоколах и на СПК.

При осуществлении ледовых операций в акваториях с малыми глубинами судоводителя интересует, кроме места ледокола по отношению к навигационным опасностям, еще и расположение по отношению к ним всех судов каравана. При плохой видимости, а также и ночью оценка обстановки только визуальными средствами затруднена, а иногда и полностью исключается. Из-за этого возникают трудности по управлению караваном. На практике их преодолевают путем проведения организационных мероприятий, повышающих и без того высокую нагрузку на вахтенного судоводителя.

Не останавливаясь на вопросах технической реализации предлагаемого варианта системы, следует более подробно рассмотреть выбор источников информации, данные которых позволяют совместить радиолокационное и картографическое изображения. Как справедливо отмечается авторами статьи, только точные, оперативно поступающие данные о координатах местоположения судна могут быть использованы как для отображения картографической информации, так и для нанесения на экран индикатора другой вспомогательной информации, требующейся для повышения надежности и точности решения задач проводки судна и безопасного расхождения. Как подчеркивалось выше, интегральный индикатор необходим в первую очередь при плавании в сложных условиях, и выбор в качестве датчиков информации спутниковых систем, применяющих доплеровский принцип определения координат, и радионавигационных систем представляется неудовлетворительным по следующим причинам. Во-первых, проводка судна может осуществляться в районах, не охваченных выбранной радионавигационной системой (РНС), во-вторых, уровень погрешности вычисления координат местоположения существующих навигационных систем превышает допустимые значения. Как показано в работе, допустимая погрешность определения местоположения судна длиной 150 м и шириной 15-16 м при плавании со скоростью 8 уз по каналу шириной 100 м не должна быть более 30 м, а на фарватере шириной 150 м – более 50 м. Таким образом, привязка картографической и радиолокационной информации к те-

кущим географическим координатам является важнейшей задачей при создании интегрального индикатора навигационной обстановки.

Требуемая точность стабилизации картографического изображения может быть обеспечена на основе обработки радиолокационной информации. В этом случае привязка возможна по данным автоматического сопровождения неподвижных точечных радиолокационных ориентиров (если известны их точные географические координаты, предельная погрешность определения местоположения судна не превышает 100 м при удалении от ориентира на расстояние до 10 миль) и по радиолокационным маякам-ответчикам (РМО). Применение РМО позволяет не только повысить точность, упростить процесс идентификации ориентиров, но и увеличить дальность их радиолокационной видимости. Для получения местоположения собственного судна с помощью РМО необходимо установить их в точно определенные места, после чего в память САРП должны быть введены координат маяков-ответчиков. Нахождение дальности до ответчиков производится по принципу точного измерения временного интервала между моментами излучения сигнала запроса и приема ответного. Получаемая от РМО информация обрабатывается в ЭВМ САРП, и на ее основе может производиться вычисление координат местоположения собственного судна, относительно которых и будет стабилизировано картографическое изображение. Точность такого варианта стабилизации будет не хуже 10-20 м при дальности действия 8-10 миль.

Заключение. 1. Создание интегрального индикатора навигационной обстановки в настоящее время является насущной необходимостью.

2. Стабилизация картографической и другой вспомогательной информации должна производиться во время прибрежного плавания на основе данных автоматического сопровождения точечных радиолокационных ориентиров, а в стесненных водах, на фарватерах и каналах – с помощью радиолокационных маяков-ответчиков.

3. Использование маяков-ответчиков позволяет получить высокую точность стабилизации при применении более простых алгоритмов обработки (нет необходимости введения поправок за счет пространственного распространения волн, учета влияния различного рода эффектов, влияющих на скорость распространения электромагнитных волн, и т.д.) и упростить процесс идентификации ориентиров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ishitani K., Kojima T.A. new aspect for total navigation control system. 2 nd IFAC/IFIP Symposium Ship Operation Automation, Washington 1978; Amsterdam e. a. 1876, 117-124.

2. Клавинг В.В. Совершенствование средств автоматизации судовождения. – Судостроение, 1987, №4.

3. Белов В., Белов С. Электронная карта. – Морской флот, 1989, №8, 22-23.

4. Milar I.C., Hansford R.F. The MANAV Integrated Navigation System. – The Journal of Navigation, 1988, January, vol. 36, №1, p. 81-92.

5. Георгизон Е.Б., Яворский Г.И., Яловенко В.Я. Новый этап в развитии автоматизированных систем предупреждения столкновений судов. – Судостроение, 1979, №12.

6. Щеголев В.И., Береговые РЛС в судовождении. М., Транспорт, 1978, с. 120.

УДК 629.5.03:623.82

Єрмошкін М.Г., Сапіга В.В., Ігнатенко О.А., Лукінова В.В.

Напрямки підвищення енергоефективності корабельного складу військово-морських сил

Сучасні тенденції розвитку морської галузі свідчать про збільшення обсягів перевезення вантажів морським транспортом та динамічність зміни географії морських перевезень, що ставлять перед Україною задачі щодо забезпечення безпеки перевезень, видобутку корисних копалин на континентальному шельфі та ін. Виходячи з цього, вирішення проблеми відновлення та найскорішого нарощування морського потенціалу України і, в першу чергу, її військово-морських сил в умовах сьогодення є актуальним. Якщо питання бойової спроможності для новітніх кораблів та суден забезпечення закладається на стадії розробки ескізного проекту, то для існуючого корабельного складу необхідно проведення модернізації щодо підвищення їх як бойової, так і енергетичної ефективності.

Фундаментальні та прикладні дослідження, що проводяться в Національному університеті кораблебудування і Національному університеті “Одеська морська академія”, створюють теоретичні основи для вирішення задач щодо підвищення енергоефективності існуючого корабельного складу ВМС не тільки за рахунок впровадження нових технічних рішень, спрямованих на застосування більш економічних двигунів, утилізацію теплових викидів, використання альтернативних джерел енергії, але і за рахунок проведення ряду технічних нововведень щодо оптимізації роботи пропульсивного комплексу корабля та ін. Дослідження ведуться у наступних напрямках:

- розробки систем утримання осей і стабілізації валів судових агрегатів і валопроводів, що функціонують на принципах управління положенням шипів в зазорах підшипників шляхом зміни потенційної і кінетичної енергії робочої рідини [1];
- аналізу складних термодинамічних циклів газотурбінних двигунів, що реалізують використання енергії відпрацьованих газів для охолодження циклового повітря за допомогою абсорбційної холодильної установки [2];
- побудови архітектури систем управління головних і допоміжних механізмів на основі принципів робастного керування шляхом включення спостерігача, який забезпечує синтез законів управління останніми в умовах невизначеності.

Реалізація даних напрямків підвищення енергоефективності як для споруджуваних, так і кораблів й суден, що проходять модернізацію, дозволить в подальшому отримати зниження енергетичних витрат у роторних системах СЕУ на 10-15%, а також призведе до зниження експлуатаційних витрат (паливно-мастильних та витратних матеріалів), а для бойового корабля – збільшення радіусу дії при заданих запасах, підвищення надійності керування і бойової стійкості.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирюхин А.Л. Системы удержания и стабилизации валов судовых агрегатов и валопроводов / А. Л. Кирюхин, В. В. Сапига, С. Н. Печенка, Д. П. Третьяк // Научный вестник Первого Украинского морского института / ПУМИ. – Севастополь, 2013. – Вып. 1. – С. 83-89.
2. Радченко А.Н. Условия совместной эксплуатации когенерационного газового двигателя и абсорбционного термотрансформатора / А.Н. Радченко, А.В. Коновалов, А.В. Остапенко // Холод в енергетиці і на транспорті: сучасні проблеми кондиціонування та рефрижерації: матеріали II Міжн. наук.-техн. конф. / Миколаївський університет кораблебудування. – Миколаїв, 2013. – Част. 1. – С. 298-305.

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ ТА ІНШОМОВНА ПІДГОТОВКА СУДНОВИХ ІНЖЕНЕРІВ

УДК 378

Батынский А.И., Хнюнин С.Г.

Национальный университет «Одесская морская академия»

Модель интерактивного доступа к базе данных системы дистанционного обучения в морском заочном образовании

На современном этапе развития информационно-коммуникационных технологий разработана среда, способная обеспечить эффективное образование и переподготовку кадров за счет доступа учащихся и преподавателей к электронным образовательным ресурсам, организации индивидуальных траекторий обучения, проведения непрерывного мониторинга качества полученных знаний на основе интерактивных дистанционных технологий обучения [1].

Существующие системы хранения и доступа к информации не в полной мере отвечают требованиям, предъявляемым к дистанционному обучению в морском заочном образовании. Возможности использования систем дистанционного образования (СДО) в море ограничены. Для заочного образования морских специалистов целесообразно использовать системы дистанционного доступа (СДД), которые предусматривают отсутствие стабильного прямого интерактивного контакта студента-заочника с системой [2]. Это накладывает дополнительные требования на организацию информационного взаимодействия студентов с СДД [3] и с преподавателями.

В период рейса у студентов морских специальностей возникают трудности при использовании систем дистанционного обучения [4]. К ним относятся, нестабильная интернет связь на судне, судового распорядок дня, не оставляющий достаточно свободного времени для учебы, физические нагрузки, снижающие общую работоспособность и т.д. В табл. приведены результаты использования СДД моряками заочниками за 2011-2016 годы.

Таблица. Использование системы дистанционного образования моряками заочниками

№ п/п	Использование СДД (в процентах)	Период (годы)					
		2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	Не использовали СДД	30	23	28	35	22	24
2	Использовали СДД на берегу	58	58	48	41	45	32
3	Использовали СДД в период рейса	12	19	24	24	33	44
3.1	Из них испытывали трудности доступа к СДД	94	84	81	72	76	72

Из этой таблицы видно, что проблема доступа к СДД непосредственно в рейсе является одной из основных [5]. И уровень этой проблемы практически

не снижается, хотя и наблюдается заметный рост использования СДД прямо на судне.

Таким образом, технология интерактивного доступа к обучающей системе должна учитывать трудности интернет связи с береговыми образовательными ресурсами и облегчать морякам-заочникам взаимодействие с системой. Модель интерактивного доступа к БД СДД, учитывающая особенности интернет связи в море показана на рис.1.

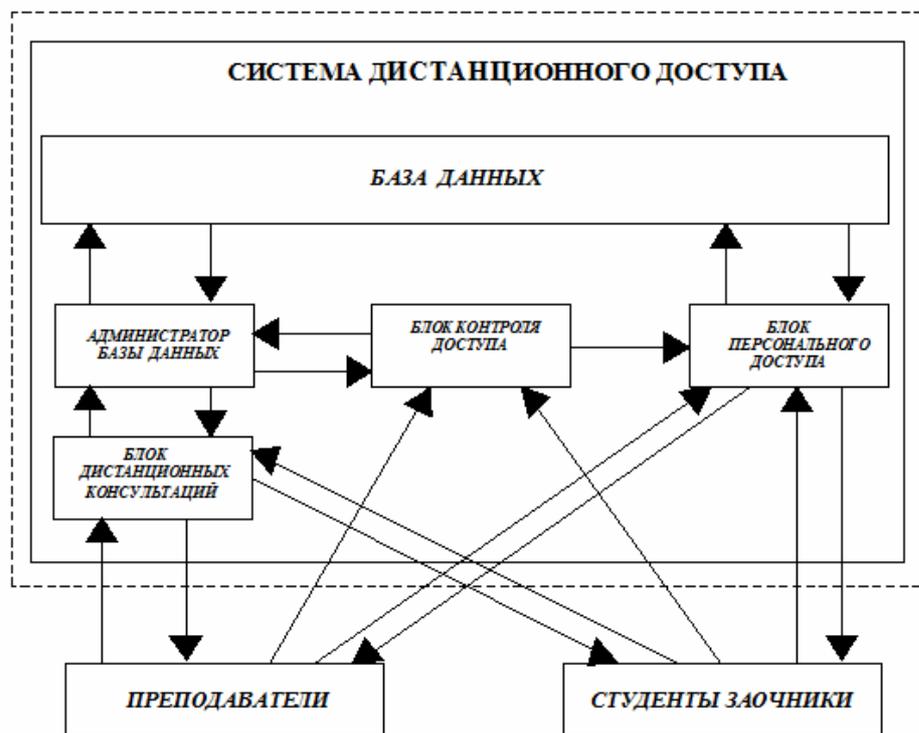


Рис.1. Модель интерактивного доступа к БД СДД

Структура СДД представлена в виде функциональных блоков. Функциональные и информационные связи между блоками и с пользователями изображены стрелками, представляющими входящую и исходящую информацию, а также информационные процессы.

Все структурные единицы СДД объединены функциями управления с администратором базы данных, который осуществляет контроль сохранности, создание резервных копий и восстановление базы данных (БД). В его функции входит регистрация новых пользователей, организация контроля доступа в СДД. С СДД функционально и информационно связаны пользователи – преподаватели и студенты-заочники.

Обращение пользователей к СДД происходит через блок контроля доступа, который присваивает пользователю соответствующий статус и передает информацию в блок персонального доступа. Диалог пользователя с системой проходит через блок персонального доступа.

В БД размещены учебные и методические материалы по отдельным предметам, варианты контрольных работ, курсовых проектов и инструкции по их выполнению, а также экзаменационные вопросы. СДД позволяет заочнику об-

ращаться к БД и загружать через интернет все необходимые учебные материалы.

Блок дистанционных консультаций обеспечивает связь заочника с преподавателем. При этом студент может задать вопрос по материалу из любого предмета, направленный в блок дистанционных консультаций в виде электронного письма. В этом блоке письмо классифицируется, определяется непосредственный преподаватель, которому и направляется вопрос. Подробный ответ отправляется заочнику электронным письмом.

Таким образом, находясь в рейсе, моряк заочник может достаточно эффективно использовать доступ к информационному ресурсу в интерактивном режиме.

СПИСОК 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. Ландэ Д.В. Основы интеграции информационных потоков: Монография. -К.: Инжиниринг, 2008. – 240 с.

4. Батынский А.И., Хнюнин С.Г. Необходимость усовершенствования использования системы дистанционного доступа в морском заочном образовании на базе статистики за 2011 - 2014 годы // Матеріали науково-технічної конференції на тему «Морський та річковий флот: експлуатація та ремонт», Ч. 2, - Одеса: ОНМА, 2015, - С. 210 – 212.

5. Батынский А.И., Хнюнин С.Г. Информационная модель технологического процесса использования системы дистанционного доступа в морском заочном образовании // Матеріали науково-технічної конференції на тему «Морський та річковий флот: експлуатація та ремонт», - Одеса: НУ «ОМА», 2016, - С. 252 – 255.

УДК 628.32.2

Удолатий В. Б.

Национальный университет «Одесская морская академия»

Разработка алгоритма автоматического контроля содержания нефти при сливе балластных и промывочных вод

Ужесточение требований к экологическим нормам эксплуатации морского транспорта это реалья наших дней. Поэтому работа судовых и бункеровочных компаний претерпевает ряд изменений. Все суда должны быть оборудованы системами очистки льяльных и балластных вод.[1] Для этого предназначены Сепараторы Льяльных Вод (СЛВ). Очищенная вода после СЛВ может быть откачена за борт, если нефтесодержание в ней не превышает 15 PPM. Качество воды определяется приборами, которые, в большинстве случаев, называют

15PPM Monitor. Мониторы содержания масла одобрены и сертифицированы в соответствии с последней резолюцией ИМО МЕРС.107 (49) и, кроме того, удобны в эксплуатации при обработке льяльных вод. Монитор содержания масла это устройство для отбора проб в реальном времени и измерения содержания нефти в движущемся потоке воды. Современные мониторы выполняют несколько функций, включая отключение сепаратора или перевод его в режим рециркуляции, когда нефтесодержащие воды направляются обратно в танки для нефтесодержащих отходов. Эти мониторы, также, оснащены возможностью осуществлять звуковую и визуальную сигнализацию. Монитор содержания масла "SmartCell" соответствует требованиям МЕРС 107 (49) и используется для мониторинга 3 типов нефти: топлива, дизельного топлива и эмульсий. Детектор "SmartCell" анализирует все три типа нефти одновременно без необходимости повторной калибровки. Он имеет спецификацию и производительность, отвечающую техническим требованиям Морской международной организации для блоков сигнализации, содержащиеся в Резолюции МЕРС 107 (49) (Рис.1). Отслеживание измерения прозрачности очищенной льяльной воды лежит в основе определения нефтесодержания.



Рис.1. Система определения содержания нефтеостатка до 15PPM Smart Cell согласно Резолюции ИМО МЕРС 107 (49)

Алгоритм автоматического контроля содержания нефти при сливе балластных и промывочных вод заключается в следующем: после сепараторной очистки вода движется по стеклянной трубке датчика снизу вверх через инфракрасное излучение, создаваемое LED источником света. При прохождении потока через прибор, оптические датчики измеряют количество света, которое рассеивают и поглощают капли масла. В свою очередь микропроцессор, получая сигналы от оптических датчиков, обрабатывает их и вычисляет количественное содержание нефтепродуктов и взвешенных частиц в потоке. Результат выводится на дисплей. В зависимости от концентрации нефтепродуктов, микропроцессор создает сигнал от 4 до 20 мА. Система автоматики останавливает СЛВ, либо перенаправляет откачиваемую воду в танк, если содержание нефтепродуктов в воде превышает предельно допустимое значение. Также в приборе предусмотрены два беспотенциальных контакта, которые выдают сигналы тревоги, когда превышена концентрация установленных величин (Рис. 2).

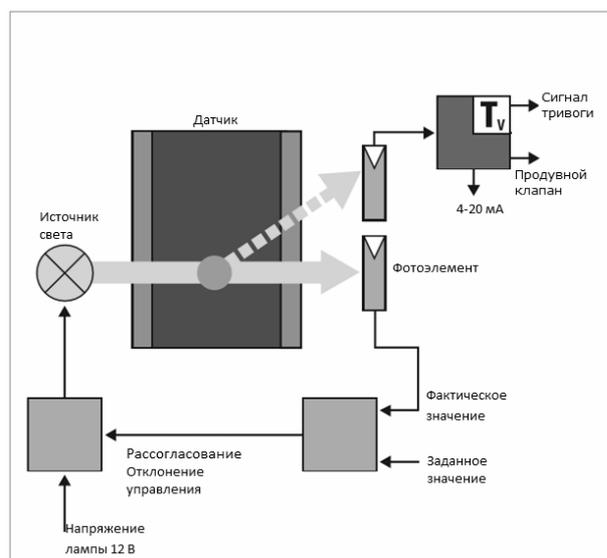


Рис. 2. Схема определения содержания нефтеостатка оптическим методом.

Измерение содержания нефтепродуктов в балластных и промывочных водах – задача непростая, поскольку необходимо выполнять замеры в потоке воды, а, также, исключить влияние на результат взвешенных частиц.

Чистота стеклянных стенок трубки датчика определяет точность показаний, поэтому, в приборе всегда должна находиться жидкость. Это предотвратит высыхание и прилипание взвешенных частиц к стенкам датчика. В случае, когда превышена концентрация установленных величин при отборе проб, необходимо промыть стеклянную трубку.

Индикаторы содержания нефти 15PPM в комплекте с отводными клапанами не допускают незаконный сброс воды за борт в соответствии с требованиями “Ballast Water Management Summit” Long Beach, California February 4, 2015 [2]. Меры, осуществляемые для очистки воды от нефти, помогут сохранить чистыми водный и воздушный бассейны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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. Михрин Л.М. «Предотвращение загрязнения морской среды с судов и морских сооружений»: часть 1, 2: СПб.: 2005, 336 с.

Корх М.В.

Використання комп'ютерних презентацій при читанні лекцій з нарисної геометрії та інженерної графіки, як засіб підвищення інформативності навчального матеріалу

Процес інформатизації вищої освіти дозволяє доповнити різноманіття традиційних методик навчання новими інформаційними розвиваючими педагогічними технологіями. За їх допомогою на заняттях реалізуються педагогічні ситуації, в яких діяльність викладача та курсантів носить пошуковий та дослідницький характер [1]. На сучасних заняттях з нарисної геометрії та інженерної графіки з використанням комп'ютерних технологій відбувається не пасивне засвоєння інформації, а активна її переробка. Подібне навчання носить комплексний характер і сприяє формуванню цілісної системи знань, що визначає світогляд майбутнього фахівця морського флоту.

Вивчення нового матеріалу, як правило, відбувається на лекції. За появою доступних комп'ютерних засобів навчання інтерес курсантів до лекційних занять помітно зріс. Не дивно - використання ЕОМ дозволило зробити лекцію більш привабливою для курсанта. Зросла її інформативна ємність, пояснення стало більш барвистим, наочність і демонстрація геометричних фігур в повній мірі доповнилися методами моделювання. Однак, при виборі лекційної форми проведення занять, слід пам'ятати той факт, що психіка частини курсантів-першокурсників ще недостатньо підготовлена до тривалого виконання одного і того ж виду роботи. Особливість лекції полягає в необхідності вжиття заходів для зниження психічного навантаження з одного боку, і стимулювання актуалізації уваги курсантів протягом тривалого часу - з іншого. Щоб не виникло надмірного психічного стомлення, доцільно планувати лекційне заняття таким чином, щоб у ході лекції неодноразово модифікувалися види навчальної діяльності курсантів, пасивні форми роботи змінювалися активними. Одним з способів стимулювання уваги курсантів може служити постановка спочатку лекції низки проблемних питань, відповіді на які курсанти повинні дати по закінченні лекції на основі отриманих знань.

Незважаючи на те, що контроль знань не є метою лекції, саме система обов'язкового оцінювання діяльності кожного курсанта здатна забезпечити лекційному заняттю гарантовану ефективність. Маючи на увазі зазначені вище особливості організації лекції, можна рекомендувати певні підходи використання електронно-інформаційних засобів пояснення, які власне і складають ідею технології.

Основні вимоги до подання навчальної інформації на лекції відповідно до психофізіологічних особливостей аудиторії: навчальна інформація на слайдах повинна демонструватися не тільки в статичному, а й в динамічному режимі; число об'єктів, одночасно пред'являються курсантам на слайді, має бути обмежена до 5; навчальна інформація на слайдах повинна бути структурована для вивчення однієї ознаки даного об'єкту; зображення на екрані має мінятися не

рідше, ніж через кожні 5-10 хвилин; викладач повинен забезпечити перемикання уваги курсантів в середині лекції для підвищення рівня уваги.

Існують три різні способи показу слайдів: керований доповідачем, керований користувачем, автоматичний показ [2]. Для використання презентації під час читання лекцій доцільно використовувати перший спосіб, тобто керований лектором. Це звичайний спосіб проведення показу, керованого лектором, коли слайди відображаються в повноекранному режимі. Лектор отримує повний контроль над презентацією; він може проводити її вручну або в автоматичному режимі, зупиняти її для запису зауважень або дій, пропускати слайди і вносити в неї зауваження. Цей режим зручний для показу презентації в потокової аудиторії під час читання лекції. При створенні комп'ютерного супроводу лекції, для ефективного засвоєння курсантами навчальної інформації, матеріал слайдів повинен відповідати принципам ергономічності, динамічності та принципу наступності [3]. Принцип наступності повинен бути витриманий і в рамках самої лекції. Повинні бути використані однакові шрифти і позначення на слайдах, аналогічна анімація, що істотно полегшує сприйняття курсантами нового матеріалу. Презентація створюється таким чином, щоб викладачеві було легко зорієнтуватися з цілями, завданнями лекції.

Електронний супровід виконаний у вигляді презентацій в техніці комп'ютерної анімації рішення графічних завдань. При цьому відбувається послідовний показ слайдів, що містять заздалегідь підготовлені графічні файли. Кожен наступний слайд містить зображення, що збігається із зображенням попереднього слайда, але доповнене покроковими графічними побудовами.

Кількість слайдів, що містять розв'язання задачі, залежить від складності завдання і від способу її рішення. Слід зазначити, що вивчення основних положень ортогонального проектування поряд з вирішенням практичних завдань з побудови зображень геометричних тіл різної складності вимагає збільшення обсягу матеріалу, що викладається на заняттях і більш ефективного використання часу роботи в аудиторії.

Використання комп'ютерних презентацій найбільш поширене в даний час у викладацькому середовищі в якості ілюстративного матеріалу до лекцій. Безумовно, презентації, що супроводжуються графічними зображеннями або анімацією, є візуально більш привабливими, ніж статичний текст, і вони можуть підтримувати належний емоційний настрій, який полегшує сприйняття і запам'ятовування представленого матеріалу. Ці презентації покликані проілюструвати основні питання лекції. Презентація, що супроводжує лекцію, дозволяє максимально ефективно використовувати особливості сприйняття кожного курсанта. Можливості анімації дозволяють акцентувати увагу курсантів на найбільш важливих моментах лекції, дозволяють зрозуміти логіку побудови логічних ланцюжків, схем, таблиць.

Використання комп'ютерних технологій дозволяє виконувати чіткі зображення досить великого розміру на весь екран. Це особливо важливо для вирішення графічно складних завдань. При використанні електронного супроводу у вигляді презентацій з комп'ютерною анімацією, на будь-якому етапі пояснень є можливість повернутися назад і повторити послідовність побудов. Крім

того, в презентації можна розмістити тривимірні електронні геометричні моделі, що представляють форму фігур, і продемонструвати рішення задачі з використанням цих моделей для більш наочної подачі матеріалу.

Комп'ютерні презентації є перспективним і високоєфективним інструментом в освітній галузі. Вони надають викладачеві масу інформації в більшому обсязі, ніж традиційні джерела інформації, і в більш наочній формі. Система презентації може в інтегрованому вигляді включати не тільки текст, графіки, побудови, схеми, а й звук, анімацію, відео і т.п. Найскладнішим для викладача є необхідність відбирати види інформації і встановлювати послідовність, яка відповідає логіці пізнання і рівню сприйняття конкретного контингенту курсантів [2]. Зручність комп'ютерних презентацій в тому, що їх можна зручно зберігати, при необхідності можна доповнювати інформацією.

На закінчення, необхідно відзначити, що використання презентацій сприяє підвищенню інформативності та загального обсягу навчального матеріалу, що виноситься на лекцію.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бондарь В.І. Педагогичний аналіз циклу навчально-виховного процесу. – К., 1993. – 86 с.
2. Семенова Н.Г., Болдырева Т.Д., Игнатова Т.Н. Влияние мультимедиа технологий на познавательную деятельность и психофизическое состояние обучающихся // Вестник ОГУ, О. 2005. №4. 34 – 38 с.
3. Уваров А.Ю. Компьютерная коммуникация в современном образовании // Информатика и образование. – 2005. – № 4. – С. 3–13.

УДК: 378.147

Nikulina E.L..

Communicative exercises for training reading comprehension skills.

In this article we suggest a new complex system of communicative exercises for training Reading Comprehension skills.

TASK 1. You are going to read an article about systematic overhaul in a dry dock.

1.1 Read Table 1 in the article and try to figure out what was really performed during the overhaul.

What do you think the word “tally” in the caption to the table may mean:

- a. a tale
- b. a record of things done
- c. a report about the overhaul ?

1.2 Read the article. In each part (1-10) there are some words missing that you can

find in the box below. Put the words into the appropriate place.

a) computer b) thermal c) contamination d) limits e) assessment
f) study g) mechanical h) vibration i) leaking j) switchboards
k) ultrasonic l) accidents m) ore-bulk-oil n) imaging
o) headphones p) wastage q) adopting r) combustion
s) chemistry t) equipment u) overhaul v) SOLAS

1.3 Chose the most suitable heading from the list A-J for each part 1-10 of the article.

- A. The greatest reason for the wastage.
- B. Details on the plant performance.
- C. The importance of CBM approach.
- D. A dramatic picture is shown where human eye fails.
- E. A complex set of tests.
- F. The results of the assessment.
- G. A record of defects and cautions.
- H. What is not understood about CBM method.
- I. Modern technique helps where human ear cannot.
- J. The study of the wear particles and chemistry provide important information.

SYSTEMATIC OVERHAUL

1

Consider the following: a recent IMO (1)_____ revealed that machinery failure is responsible for a quarter of maritime (2)_____, yet more than a third of maintenance activity is performed unnecessarily. Clearly it is time we – as an industry – reassess our maintenance strategy and moved towards a condition-based maintenance (CBM) approach.

2

Two of the biggest misconceptions surrounding this strategy are that either it is something esoteric or that all that is required is to hook in a (3)_____. Neither is true. As the following case history shows there are compelling safety and commercial reasons for (4)_____ CBM methods.

3

One month prior to its scheduled dry-docking, the owners of a 150 000dwt (5)_____ (OBO) carrier decided to submit the vessel for a full health check of all machinery systems, electrical and (6)_____. Over a six-day period the OBO underwent a comprehensive set of tests including vibration and shock pulse monitoring, lubricating oil analysis with ISO cleanliness grading of hydraulic systems, (7)_____ imaging of electrical and mechanical systems, diesel engine (8)_____ performance evaluation, passive ultrasonic testing and ultrasonic thickness testing.

4

As can be seen from Table 1 several serious problems were identified. To name but a few: the main engine auxiliary blowers, boiler forced draught fan etc were found with unacceptable levels of vibration.

Table 1. A tally of the defects and cautions identified onboard the ship.

TECHNIQUE	SERIOUS DEFECTS	CAUTION
Vibration monitoring	12	8
Lube oil analysis	6	12
Thermal imaging (electrical)	6	-
Thermal imaging (mechanical)	4	1
Diesel engine performance	1	2
Ultrasonic contact probe test	1	-
Ultrasonic thickness test	2	1
TOTAL	32	24

TASK 2. For questions or statements 1-10 chose the correct answer A, B, or C.

1. The owners decided to submit the vessel for a full health check because:
 - A. its machinery systems were damaged
 - B. it was a scheduled dry-docking
 - C. they wanted to try CBM methods

1. What is the meaning of the word “caution” in Table 1?
 - A. minor defects
 - B. potential defects
 - C. unproblematic cases

1. The seawater cooling pump for the air conditioning plant recorded unacceptable levels of vibration in the:
 - A. starboard to port direction

- B. forward aft direction
- C. port to starboard direction

TASK 3. Make up questions to the text.

TASK 4. Write a summary of the article.

УДК: 378.147

Varhatiuk S. Nikulina E.L.

Types of marine propulsion systems

Steam Turbine Propulsion

Steam turbine propulsion uses coal or other steam-generating fuels to propel the vessel. Steam enters the turbine with a high energy content and leaves after giving up most of it. The high-pressure steam from the boiler is expanded in nozzles to create a high-velocity jet of steam. Steam turbine maritime propulsion system was highly utilized between the late 19th and the early 20th century.

Diesel-Electric Propulsion

In simple terms, it's a diesel engine connected to an electrical generator, creating electricity that powers electric traction motors. The technology has been in use since the early 1900s. In today's times, submarines and merchant ships incorporate the diesel-electric propulsion system to propel themselves.

Nuclear Propulsion

Nuclear propulsion is propulsion of a ship or submarine with heat provided by a nuclear power plant. The power plant heats water to produce steam and it is this steam that powers the steam turbines and turbo generators. Naval vessels usually incorporate the usage of nuclear propulsion, but several merchant ships are also being planned to be constructed with this propulsion system in the near future.

Gas Fuel or Tri Fuel Propulsion

Nowadays LNG fuel can be utilized to be burnt in the Main Engine after adopting some modification in the propulsion engine to reduce emission from the ship. It is known as tri fuel because it can burn gas fuel, diesel and heavy fuel

Gas Turbine Propulsion

Preheated and compressed air enters combustion chamber where it is fired by spark ignition. This further rotates the turbine and drives the shaft at optimum speed of 3600 revs/min.

Gas turbine propulsion is used for naval as well as non-naval ships. In case of naval ships, the gas turbine propulsion system aids in faster movement of the ships which is necessary in case of the ship coming under attack.

Wind Propulsion

Wind propulsion emerged as an alternative to those systems which emit huge quantities of CO₂ gases in the marine atmosphere. However, the usage of wind turbine marine propulsion has not started extensively in large commercial ships because of a requirement of constant windiness. Two wind propulsion systems for

ships that have become lately are: kite propulsion and sail propulsion for merchant ships.

Diesel Propulsion

Diesel propulsion system is the most commonly used marine propulsion system converting mechanical energy from thermal forces. Diesel propulsion systems are mainly used in almost all types of vessels along with small boats and recreational vessels.

There are two types of diesel engines, a four stroke cycle and a two stroke cycle.

Four Stroke Propulsion

In a four stroke cycle engine, four strokes of the piston are required to complete one cycle. The four strokes are induction, compression, power and exhaust

Two Stroke Engine

In a two stroke cycle engine, two strokes of the piston are required to complete one cycle.

The two strokes are compression and power. The events of compression, injection of the fuel, combustion and expansion of the gases take place in the same order as the four stroke engine, but the exhaust of the burnt gases and the induction of air take place at the bottom of its stroke. This is the chief difference between the two stroke cycle and the four stroke cycle.

УДК: 378. 147

Voloshyn O.O., Nikoulina E.L
National University «Odessa Maritime Academy»

Medium voltage switchboard

When speaking about energy transferring on a vessel, it is important to consider the size of one for the efficiency of this process depends a lot on the sizes and length of the conductor. Before speaking of medium or high voltage switchboard itself we should first understand the reason of such phenomenon existing on board the vessels.

As mentioned above, the efficiency of electrical power transferring depends mostly on the size of the conductor. It means that the power losses in the conductor rise with the increase of the conductor length and drop with the increasing transaction of one. Modern middle-sized trading vessels reach more than 300 meters in length and the biggest cruise liners may be of almost double size. As long as all the onboard energy sources are located deep in the engine room, it is necessary to stretch long cable routes from energy sources to numerous consumers around the vessel, which is connected with undesirable power losses or huge sizes of the cables instead.

However, there is a way to fight with these obstacles. Another factor that plays an important role in energy transferring is voltage and the increase of one is the key for improving the efficiency of this process. The following formula shows that the

rate of power losses ΔP depends on the value of transferred power P_2 , voltage U_2 and conductor sizes (length and transaction):

$$\Delta P = P_2^2 U_2^{-2} \times 2LcSc$$

It is obvious that it is much more favorably to use higher voltage rather than bigger conductors.

On middle-sized vessels the voltage ratings usually reach 5 to 7 kV and big Post-Panamax and Neopanamax class vessels have power stations that produce energy with voltage ratings up to 16 kV. Before supplied to the consumers, the power generated in diesel or turbine generators is transferred into step-down transformers. The type and number of generators and transformers may vary depending on the size and class of a vessel. All of them are controlled and monitored via the switchboard. The number of switchboards may also differ but, when speaking about medium or high voltage switchboard, we consider it the main.

A switchboard consists of sections that correspond to generators and transformers (and bow thrusters if present). Each generator section is required to be equipped with certain devices: a voltmeter, an ammeter, a frequency meter, a kilowatt meter and a synchronoscope. Transformer sections usually include only an ammeter and a voltmeter. These devices may be either analog or digital. There are also certain appliances for manual control of the machinery performance.

Modern switchboards are also equipped with special integrated electronic systems designed for protection of machinery and a switchboard itself. An example of such system is HIMAP – Hyundai Intelligent Monitoring And Protection System – which is based on a complex chain of contactors, relays, circuit breakers and sensors that constantly monitor the performance and condition of the whole power generation and distribution system and react automatically in case of any fault disconnecting certain segments from the circuit if necessary.

The main part of each switchboard section and the strongest measure of protection is a vacuum circuit breaker that is designed to disconnect the whole section from the power grid which can lead to blackout or other serious problems but save from much worse consequences.

If shortly, constructively a three-phase VCB consists of three tubes, six contacts inside these tubes – three fixed and three moving – and a complex fast acting construction of gears, springs and levers. The vacuum inside the tubes or cameras is a measure of protection: due to high voltage between the contacts there rapid disconnection would inevitably create an arc that may cause extreme damage to the switchboard, and the vacuum helps to speed up the dissipation of the free charged particles between the contacts that are the main reason of arcing. Together with ex-

tremely fast acting speed (around 60 ms) this helps to eliminate the arc almost instantly which saves a lot of time and money for maintenance of a switchboard and a breaker itself.

УДК: 378.147

Dulger S.D., Nikoulina E.L.
National University “Odessa Maritime Academy”

Centrifugal Pumps

Centrifugal pumps are the most preferred pumping devices in the hydraulic world. In this video we will have a conceptual overview of working of centrifugal pumps.

At the heart of the system lies the impeller. It has got a series of curved vanes fitted inside shroud plates. The impeller is always immersed in water. When the impeller is made to rotate, it makes the fluid surrounding it also rotate. This imparts centrifugal force to the water particles and the water moves radially out. Since rotational mechanical energy is transferred to the fluid at discharge side of the impeller, both pressure and kinetic energy of water will rise.

At the suction side water is getting displaced, so a negative pressure will be induced at the eye. Such a low pressure helps in sucking freshwater stream into the system again and this process continues.

This is the reason why priming is important for centrifugal pumps. If no water is present initially the negative pressure developed by the rotating air at the eye of impeller will be negligibly small to suck fresh stream of water.

Impeller is fitted inside a casing. So the water moving out will be collected inside it, and will move in the same direction of rotation of impeller to the discharge nozzle. Here you can note one speciality of casing. It has got increasing area along the flow direction. Such increasing area will help in accommodating newly added water stream and will also help in reducing exit flow velocity. Reduction in flow velocity will result in increase in static pressure, which is required to overcome resistance of pumping system.

Here you can see more details of veins inside impeller. They are backward curved vanes with state-of-the-art eye configuration.

If pressure at suction side impeller goes below vapor pressure of water, a dangerous phenomenon could happen. Water will start to boil forming vapor bubbles and spoil impeller materials over time.

This phenomenon is known as cavitation. More the suction head, lesser should be the pressure at the suction side to lift water. This fact puts a limit to maximum suction head a pump can have. Careful pump selection is required to avoid the problem of cavitation.

The current impeller type is enclosed, semi-open and open impellers are also in use depending upon the application. If the working fluid is cloggy in nature, it is preferred to use open kind of impeller. But they are slightly less efficient.

Mechanical design of centrifugal pump is always challenging. A shaft is used to connect between the impeller and motor.

Since water pressure inside the casing is huge, a proper sealing arrangement is imperative in arresting water leakage through the shaft-casing clearance. Mechanical seal or stuffing box based mechanism is used for this purpose.

Impeller is mounted on bearings, but at suction side of impeller it is not advisable to fit a bearing, since it will block the flow. So bearings have to be fitted at the other end. This means impeller is mounted like a cantilever.

For high flow rate pumps a bearing housing with cooling oil is necessary for improving the life of bearings.

УДК 629.5.061.16:658.589

Tsybukh A., Nikoulina E.L.
National University «Odessa Maritime Academy»

The Port of Shanghai

The Port of Shanghai is the busiest port in the world in terms of cargo tonnage and comprises a deep-sea port and a river port. Located in Shanghai, China, the port covers an area of 3,619.6km² at the mouth of the Yangtze River. The port is considered the world's fastest-growing economy.

History of port The Port of Shanghai, which originally existed as Shen or Hudu between the fifth and seventh centuries AD, was given official city status in 1297 by the Yuan Dynasty. The port during its existence has experienced many troubles, including several times was captured by foreigners. Finally, the port came under the control of China in 1949, a development that dramatically slowed down the foreign trade at the port. The port enjoyed economic and building booms when it was permitted to implement economic reforms in 1991 by the central government.

Shanghai International Port Group

The Shanghai International Port Group (SIPG) is the sole authoritarian body that manages the public terminals in the port. The SIPG, a public listed company, came into existence in 2003 following the reorganisation of the Shanghai Port Authority. The major shareholders of the company are Shanghai Municipal Government (44.23%), China Merchants International Terminals (26.54%) and Shanghai Tongsheng Investment Group Corporation (16.81%).

SIPG handles domestic, national and international cargo transportation. It is also responsible for maintaining, manufacturing and leasing containers, as well as building, managing and operating the port facilities. Out of the 125 berths that SIPG operates 82 can accommodate 10,000dwt class or higher vessels. As well as public bulk, breakbulk, specialised ro-ro terminal and cruise terminal, the company owns 5,143 units of cargo handling equipment.

Shanghai throughput

In 2006, the Port of Shanghai became the world's third-largest container port when it achieved a container throughput of 21.71m TEU. In 2006 it handled 537 million tonnes of cargo, which was 21.1% higher than the previous year's figure.

Total throughput for 2007, including 560 million tonnes of cargo, was over 26 million TEU. In 2008, the port handled 582 million tonnes of cargo and 28 million TEU, increases of 3.2% and 7%, respectively, over the previous year. In 2008, the port handled nearly 62,000 domestic and international ships. Cargo throughput registered by the port in 2009 was 590 million tonnes.

Conclusions

Port of Shanghai has become so successful due to the good geographical location and the correct reforms of the Chinese government. Now the Shanghai port accepts thousands of ships and handles millions of containers a year becoming the busiest port in the world in terms of cargo tonnage.

УДК:378.147

Chaika A.V., Nikoulina E.L.
National University "Odessa Maritime Academy"

Nuclear power stations

Nuclear reactors are the modern day devices extensively used for power generation as the traditional fossil fuels, like coal, are at the breach of extinction. A nuclear reactor is the source of intense heat which is in turn used for generation of power in nuclear power station. Its mechanism is similar to a steam generator; the steam is used to drive the turbines of the electric generator system. A nuclear reactor consists of three crucial components: Fuel elements, moderator and control rods.

Fuel elements come usually in the shape of thin rods of about 1cm in diameter and contain fissionable nuclei, like Uranium ($^{235}_{92}\text{U}$ or $^{238}_{92}\text{U}$). These rods vary in number according to the size of the reactor, in large power reactor thousands of fuel elements are placed close to each other. This region where these fuel elements are placed is called the reactor core. These fuel elements are normally immersed in water which acts as a moderator.

The objective of a moderator is to slow down the energy neutrons in a nuclear reactor which are produced during the nuclear fission process by the fuel elements. Thermal neutrons, which are neutrons with energy of about 0.04 electron volts, are capable of producing fission reaction with $^{235}_{92}\text{U}$. During the fission reaction process, new neutrons are given out which have energies of about 1 MeV. These neutrons typically escape from participating in another fission process as they are accompanied by enormous energy release. This is where moderator is extremely useful. Moderator has the capability to slow down, or in other words moderate, the speed of these high-energy neutrons, so that they can not trigger a chain reaction (multiple fission reactions) of other $^{235}_{92}\text{U}$ nucleus. Commonly, ordinary or heavy water is used as moderator in nuclear. Water molecules in the moderator are useful in slowing down the high-energy neutrons which leave the fuel-element after nuclear fission. These high-energy neutrons collide with

water molecules thereby losing out on some energy with every collision and therefore slow down substantially.

The third and of the most important part of a nuclear reactor are the control rods. In order to get a steady output of energy from the nuclear reactor, every single nuclear fission reaction should trigger another fission reaction. By controlling the number of spare neutrons available at any given time, the rate of the nuclear fission chain reaction can be controlled. The main function of the control rods is to absorb any excess or spare neutron in the moderator in order to prevent any further fission reaction. Usually such control rods are made of Boron or Cadmium. To increase the rate of fission reactions, these rods can be removed from the moderator. A steady output of energy can be thus maintained by inserting or removing the control rods in the nuclear reactor.

Experimental cargo and passenger nuclear ship with a deadweight of 22,000 tons. The crew - 124 people. 60 passenger seats. The only nuclear reactor had power of 74 MW/ provides speed of 20 knots.

УДК 629.5.061.16:658.589

Oshmarin E., Nikoulina E.L.
National University «Odessa Maritime Academy»

Safety on Board

A cruise isn't just one of the most luxurious and relaxing ways to see the world, it's also one of the safest. That's because every cruise ship has to be built, equipped and operated in accordance with the strict requirements of the international maritime treaty known as the Safety of Life at Sea (SOLAS) Convention, developed by the International Maritime Organization, the UN agency responsible for shipping. As a result, for example, all cruise ships must have regularly-checked lifeboats, life rafts and life preservers for every person on board, plus a specified minimum additional capacity.

The ultramodern ships in the MSC Cruises fleet go substantially above and beyond what is required, carrying backup mechanical, navigational and safety provisions. And of course our crews undertake extensive training and refresher training, certification and regular drills for emergency situations, including the evacuation of a ship. So you can cruise in peace with total peace of mind.

How is managed the safety on board?

All cruise ships are designed and operated in compliance with the strict requirements of the International Maritime Organization, the UN agency that mandates global standards for the safety and operation of cruise ships through adoption of treaties, regulations and resolutions, codified in the Safety of Life at Sea (SOLAS) Convention.

Safety-related regulations and requirements are rigorous – and ships often go substantially above and beyond what is required, for example carrying backup mechanical, navigational and safety provisions.

Ships crews undertake extensive training, certification, drills and scenarios for emergency situations, including the evacuation of a ship.

All cruise ships have lifeboats, life rafts and life preservers for every person on board as well as additional capacity. When and where are the drills held?

Upon embarkation in the main ports, all guests are requested to participate in a one-hour safety drill conducted in the 6 languages. The Safety drills involve the entire crew and simulate the evacuation procedure, with guests requested to take their respective life jackets from their cabins and go to the assigned Muster Station where they receive additional safety instructions. In secondary ports, before the ship's departure, a detailed safety briefing is also held for all newly-embarked guests. The safety briefing is normally held in a dedicated area (usually the theatre or a Muster Station) and does not involve all the crew, being conducted by a group of social hostesses and animators that helps guests to familiarise themselves with the safety equipment and procedures.

The Safety briefings and drills are all fully compliant with the strict SOLAS requirements.

Are there any maps or other instructions?

Safety instructions on how to reach the relevant muster station and where to find the respective life jackets are available in all cabins, in 6 languages (ITA, ENG, GER, FRA, SPA, PORT, RUS), in the cabin information booklet and behind the cabin door (in 6 languages), where fire instructions and a map are also displayed, showing "You are here" information and the primary and secondary escape routes to the muster stations.

What other enhancements does the line use to ensure safety, i.e. maps showing routes to the nearest lifeboats, etc.?

Maps on the location of the different muster stations are displayed in all public areas and staircases etc. All public areas also feature arrows showing the way to the muster stations and indicating the staircases to reach them.

In addition, a safety video (in Italian and English) is broadcast 24/7 on the in-cabin television system on channel 1.

How is our crew trained to operate the life boats?

The crew receive regular training ashore, before embarkation and on board. The comprehensive on-board training coordinated by the ship's Safety Officer consists of 4 two-hour modules, as follows:

- | | | |
|----|-----------|---------------|
| A. | | Preliminary |
| B. | Emergency | instructions |
| C. | | Fire-fighting |
| D. | | Life-saving |

A significant part of Section D is dedicated to management of the lifeboats. All crew members directly in charge of lifeboats receive additional and specific training on how to prepare, lower, pilot and maintain the lifeboats.

How frequently is testing carried out in which the lifeboats are lowered? Every week the crew conduct a general emergency drill with fire simulation and evacuation, including an abandon ship drill with lifeboats.

What are the industry regulations on fire-safety on board cruise ships?

The cruise industry adheres to the rigid regulations contained in the International Convention for the Safety Of Life at Sea (SOLAS) as developed by the International Maritime Organization (IMO).

These regulations include fire prevention, fire protection and extinguishing systems, crew training and fire emergency response.

What measures are in place to prevent fires on board MSC Cruises' ships?

MSC ships have been designed to allow the isolation of fire and smoke and the MSC Cruises' fleet, like all cruise ships complying with industry standards, are equipped with a variety of passive fire-and smoke-fighting measures, including fire-rated interior doors and partitions, fire dampers and ventilation systems. Ships include smoke management systems with fire and smoke dampers and, in addition to fire doors, segregation of ventilation, and pressurized hallways to contain smoke and prevent it from spreading. Rules and regulations to prevent and to contain smoke and fire are in place and strictly followed on board all MSC cruise ships.

The MSC Cruises' fleet uses several different systems for the prevention of fire. The main system for prevention is the Consilium System which consists of different types of detectors located throughout the ship and divided by the type of the area to be monitored. This prevention system is supported by Fire Patrol, a patrol operated by on board firemen 24 hours a day, in four hour shifts. The patrol is recorded by a digital system with several points located in various areas of the vessel.

What systems are in place to control fires on board if they do break out?

The MSC Cruises' fleet uses several different systems to control the spread of fire and smoke including fire-rated interior doors and partitions, fire dampers and ventilation systems.

The main fire fighting system is the Hi-Fog, high-pressure water mist fire protection system, which suppresses and extinguishes fires by discharging a fine water mist at high velocity. The water mist is made by the system when it activates, pushing water at high pressure through specially designed, sprinkler and spray heads.

Do the crew receive fire training?

Crew members are extensively trained to ensure that they react effectively and appropriately in case of fire or smoke. In line with the Standards of Training, Certification & Watchkeeping (STCW) 1995, all crew must take Basic Safety Training (BST) – which includes basic firefighting. A fire drill is also carried out on board each MSC ship every week, in a different area of the ship.

The emergency plan for controlling fire on board MSC vessels is executed by our four Fire Patrols, one of which is dedicated to engine room fires, and two cooling teams. All teams are trained and coordinated by the onboard Safety Officer.

Сущность и практика функционально-коммуникативного подхода в обучении иностранному языку профессиональной направленности

Коммуникативно-функциональный подход в обучении языку сформировался на основе теории языка как средства общения. Он восходит к работам Майкла Халлидея [1], в которых язык описывается как функциональное средство, используемое для передачи информации. Функциональный подход понимается как движение мысли от функций, значений, коммуникативных целей и намерений к имеющимся в данном языке средствам, к формальным показателям. Формальная и функциональная стороны языка неразрывно связаны, но в лингвистической интерпретации акцент может быть сделан либо на первой, либо на второй. Обращение лингвистов второй половины 20 в. к функциональному (когнитивно – коммуникативному) аспекту языковой системы привело к более глубокому проникновению в познание природы языка и к появлению ряда новых дисциплин (социолингвистика, этнолингвистика, психолингвистика, теория речевых актов, прагмалингвистика и ряда других).

При рассмотрении языка как средства коммуникации, конечной целью обучения устанавливается не определенный запас слов и выражений, не знание текстов и правил, а прежде всего коммуникативная компетенция, т.е. творческое владение средствами и способами иноязычного общения как в письменной, так и в устной форме. Коммуникативную компетенцию нередко определяют как способность решать задачи общения и реализовать цели общения посредством данного языка, как умение соотносить производимую речь с соответствующими речевыми событиями, учитывая условия и принятые правила. Сторонники этого подхода утверждают, что учащиеся должны изучать язык, пользуясь им как средством коммуникации, которое интегрирует различные языковые умения. Знание языка не является самоцелью, гораздо важнее обмен информацией в процессе коммуникации. Любой текст, любое высказывание содержат информацию о чем-то, соотнесен с какой-то реальной или воображаемой ситуацией. Ситуацией, в таком случае, называют совокупность объектов и связей между объектами, описываемыми в высказывании [2]. Это – не речевая ситуация, в которой происходит коммуникативный акт, а ситуация предметная, находящая своё отражение в речевых произведениях или текстах. Учитывая то, что термин «ситуация» в лингвистике интерпретируется по-разному, было предложено [3] свести различные толкования в две группы и обозначить их как речевую ситуацию, или ситуацию общения, и предметную ситуацию, или ситуацию, описываемую в тексте. Речевая ситуация – это совокупность обстоятельств, в которых реализуется общение, система речевых и неречевых условий общения, необходимых и достаточных для совершения речевого действия.

Коммуникативная ситуация, как метод обучения говорению, состоит из четырех факторов: 1. обстоятельств действительности, в которых осуществляет-

ся коммуникация; 2. отношений между коммуникантами; 3. речевого побуждения; 4. реализации самого акта общения, создающего новую ситуацию, новые стимулы к речи. Современная система преподавания иностранных языков исходит из того, что для методики развития навыков говорения имеют значение лишь повторяющиеся, наиболее типичные, или стандартные ситуации.

Ряд ученых, в том числе Тереза П. Пика [4], разработали методику обучения / изучения языка на основе решения речевых задач (Task-based language teaching / learning). Преподаватели обращаются к этому методу с тем, чтобы попробовать сделать речь, применяемую на аудиторном занятии, по настоящему коммуникативной, в отличие от условно-коммуникативной речи, звучащей в ситуациях, не связанных напрямую с реальной жизнью. Критерием оценки речевой деятельности здесь является правильность решения поставленных реальных речевых задач, а не точность употребления рекомендованных языковых форм. Считается, что такой подход особенно эффективен для развития беглости речи на изучаемом иностранном языке и придания уверенности учащимся при порождении собственной речи. На таких уроках широко используются ситуативные задания, различные приемы коммуникативно-ориентированного обучения: обмен мнениями, дискуссии, ролевые игры, импровизации, свободное общение участников.

Методическая интерпретация основных принципов дидактики, языкознания, психологии и коммуникации, составляющих сущность функционально-коммуникативного подхода к развитию навыков общения, представлена исследователем Гресь О.А. в работе «Принципы моделирования речевых ситуаций на уроках иностранного языка.» [5] Кратко перескажем основные положения этой работы.

Современная методология преподавания иностранных языков основана на принципах обучения устной речи, коммуникативной направленности, моделирования типичной коммуникативной ситуации, коммуникативной деятельности, интенсивной практики и поэтапности формирования речевых умений. При следовании принципу коммуникативной направленности вся система работы преподавателя подчинена созданию у учащихся мотивированной потребности в иноязычно-речевой деятельности. Речевые операции при работе над языковым материалом носят коммуникативный характер. Любая включенная в программу тема раскрывается как набор определенных коммуникативных ситуаций. Обучение иноязычной речи предполагает также овладение определенной коммуникативной техникой.

Психофизиологической базой речевой деятельности служит навык, или автоматизированное умение, ставшее в результате многократных повторений наиболее экономным и свободным способом исполнения данного действия. Не все языковые элементы даже в родном языке находятся у его носителей на уровне навыков, но не подвергается сомнению сама необходимость организации в учебных условиях целенаправленной интенсивной языковой практики. Овладение языковым материалом и операциями с ним в речи осуществляется поэтапно. Это означает решение на каждой данной ступени обучения только одной задачи, развития лишь одной стороны речевого умения. При этом общее

направление идёт от овладения иноязычно-речевой формой к способности выразить с ее помощью некоторое содержание.

Современный подход в преподавании иностранных языков исходит из того, что для методики развития навыков говорения имеют значение лишь повторяющиеся, наиболее типичные, или стандартные ситуации. Преподавателю необходимо создавать такие ситуации, в которых мобилизуются внимание, память, активизируются творческие способности учащихся. Здесь недостаточно просто знать лексику, лексико-грамматические структуры, нужно использовать их непосредственно в ситуации общения, где преподаватель как бы вынуждает учащихся общаться на иностранном языке. Для этого он постоянно создает языковое окружение, стимулирует учащихся на дальнейшую деятельность, поощряет ее. Классная работа строится таким образом, чтобы учащиеся вовлекались в использование языка для осмысленных и значащих целей, имеющее прагматический, подлинный и функциональный характер. Учащиеся пользуются изучаемым языком на продуктивном и рецептивном уровне, в неотретипированных ситуациях, при должном руководстве, но не управлении, со стороны преподавателя. Важными компонентами учебного процесса являются также беглость и правильность речи.

Теоретики коммуникативного обучения языку [6] рекомендуют строить учебный процесс по двум программам – понятийной, имеющей отношение к значению, и функциональной, имеющей отношение к общению. Понятийные категории включают в себя такие понятия как время, местоположение, частотность, количество, а функциональные категории включают в себя коммуникативные акты такие как предложение, жалоба, отказ, просьба.

По такому принципу организовано учебное пособие “The Marlins Sudy Pack” [7]. В каждом уроке (Unit) данного учебного курса английского языка для моряков в интегрированном виде даны новый грамматический и лексический материал, речевые функции и материал для основных видов речевой деятельности. Неотделимой частью курса является аудио материал. Уроки построены по схеме 3 P (Presentation, Practice, Production). Общая структура одного урока состоит из реалистической презентации грамматического, лексического и фонетического материала в интегрированной форме; структурированной практики языка и речевых умений с помощью соответствующих упражнений; расширенной продуктивной речевой деятельности с целью повторения и закрепления изученного материала.

Особое значение придается взаимодействию (interaction) как средству и одновременно конечной цели обучения. Учащимся предписывается развивать коммуникативные умения и функциональную компетенцию дополнительно к овладению языковыми конструкциями.

Приведём пример плана изучения материала одного урока:

“U 18. Have You Checked The Machines? Checking task completion: describing completed procedures. Vocabulary: verbs used to describe maintenance duties and safety procedures; components of the vessel Grammar: Present Perfect (regular and irregular forms). Listening: checking task completion: describing situations from sounds Phonology: past participle endings Reading: responding to information

on a procedural checklist Speaking: discussion of recent activities Writing: description of task completion.”

Добавим ещё несколько слов о презентации. При работе с видео и Интернет проектами в центре внимания оказывается презентация материала, а также основной социально-психологический принцип коллективного взаимодействия, на котором построено интенсивное обучение; здесь применяется такой способ организации учебного материала, при котором учащиеся активно общаются друг с другом, обмениваясь учебной информацией, расширяя за счет этого свои знания, совершенствуя свои умения и навыки; между участниками складываются благоприятные взаимоотношения, служащие условием и средством эффективности обучения и творческого развития каждого; условием успеха каждого является успех остальных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Halliday. M.A.K. Explorations in the Functions of Language. London: Edward Arnold, 1973.
2. Комиссаров В.Н. Теория перевода. (лингвистические аспекты). – М.: Высшая школа, 1990.
3. Гак В.Г. О моделях языкового синтеза // ИЯШ. Вып. 4. – М., 1969.
4. Teresa Pica – Second Language Acquisition Theory and Practice. Published at <https://web.stanford.edu/~> (Электронный ресурс).
5. Гресь О.А. Принципы моделирования речевых ситуаций на уроках иностранного языка. Опубликовано 26.04.2016 автором superadmin. (Электронный ресурс).
6. Brown, H. D. (1994). Principles of Language Learning and Teaching. New Jersey:Prentice Hall Regents. (Электронный ресурс).
7. Marlins. English for Seafarers. Study Pack 1. Allister Nisbet, Anna Whitcher Kutz, Catherine Logie. (Электронный ресурс).

УДК 378.6 : 656.6 : 004.9

Шальов А. С.

Национальный университет «Одесская морская академия»

Educational computer based programmes for maritime specialists training

In a complex world of everyday challenges when you are trying to muster English for specific purposes particularly maritime one, it is quite difficult to find the right balance of interactivity, time, comfort and particular knowledge in a given maritime speciality.

A good mixture of the above mentioned criteria is a computer based training (CBT) for seafarers. It is a kind of software which:

- is used by students without the need for support or assistance by instructors.

- has built in assessment and produces records of the training time and the student identification.
- is interactive.
- uses multimedia technology.
- is run on standalone PC's, networked computers, the Internet.
- is run aboard ship or at shoreside locations [1].

The role of CBT in enhancing marine engineering education and training (MEET) should also be mentioned. The technological advances, which have occurred in recent years, have encouraged maritime institutions to search for more advanced and efficient teaching methods. Marine engineering courses are focused on the training in practical problem solving and hands – on ability. Several strategies are used in marine engineering education and training. A systematic training system including CBT seems to be a good solution. As a tutorial learning and individual assessment tool, CBT is considered to be one of the best methods for on board training. We should also realise that no single technology is best for all engineering training situations. CBT is only the most potential training technology and it still needs to be developed nowadays [2].

One of the companies which provides such training is Seagull Maritime AS. This company is a world class provider of e-learning and competence management systems for the merchant shipping industry. Their mission is to enhance maritime competence by effective training and assessment solutions and deliver value through quality and excellence in customer service.

Seagull AS of Horten, Norway began offering their CBT products in 1997 on CD-ROMs. They have developed a large number of training courses (more than 170), and this number is growing. A few of the topics include: Personal Safety; Safety Management System; Fuel Oil System; Maritime Communications; Voyage Planning; Fire Fighting; Crude Oil Washing; Stability; Tanker Operation and so on.

About e-learning

All e-learning modules in subscription plan are available for unlimited use. The assessment and management tools ensure meeting and exceeding STCW and IMO standards. Training records are automatically stored in the Training Administrator and all reports are easily configurable to company HR system. Any company specific training can be configured into the system at any time.

Training where you are

The Seagull Distance Courses are unique and cost effective way of completing required training. Seagull's new Distance course concept will consist of one or more e-learning modules and a procedure describing how to complete the course. Upon completion of the Distance Course, a course diploma will be issued by Seagull. Since a Distance Course consist of one or more e-learning modules and no workbook, this course can be completed either onboard the vessel or in the office.

Ship types

The company has training solutions suitable for all ships in the world fleet: container vessels, bulk carriers, oil tankers, gas tankers, offshore vessels and some others.

Data Exchange

In complex maritime operations and when bandwidth is limited, it is essential that data exchange is made easy. One of the unique features of their system is the advanced communication protocol that allows the system to communicate and synchronise by the simple medium of e-mail.

This can be done manually, by using small configuration files, or it can be installed automatically within your system, at a frequency that is suitable for your operation. Their data exchange makes it easy for training managers onshore to follow the training progress on-board and stay on track with company requirements [3].

Setup and configuration

Whether their system is set up on a stand-alone computer delivered by them or installed on the vessel network, a training computer is always included with hardware warranted and renewed by them, free of charge.

With stand-alone software installations also available, the new STA 4.0 easy network setup in your own infrastructure allows crew to access their training and records through a web browser on any computer connected to the network.

Training content

Although many customers hesitate to install new training systems after spending huge resources on developing their own training content, Seagull AS offers easy integration through Spanning Tree Algorithm (STA), using the standard SCORM format.

Delivering a constantly evolving library of e-learning modules and integrating your own company specific training into their system, the value and flexibility of their system is unrivalled.

Integration with crewing systems

The Seagull Training Administrator can be fully interfaced with your existing HR and crew system, making it easy to add new personnel and competencies. You can also see which crewmembers have acquired the skills needed for progression. All training records and reports are readily available at any time for the training officer or supervisor.

Seagull Maritime has just received approval by the Norwegian Maritime Authority (NMA) for an on-board version of their Norwegian Maritime Rules & Regulations course. This course is a requirement for all non-Norwegian Masters serving on a vessel flying the Norwegian flag (NIS & NOR). The course, which consists of one e-learning module and a comprehensive workbook, will be an invaluable option for all non-Norwegian Masters wanting to serve on a Norwegian flagged vessel.

Cost effectiveness

Cost reduction is an essential part of the shipping industry, but that does not mean there should be a compromise on quality. Priced at similar rates to the classroom version, Seagull's onboard course is a great step towards sustainable management, with on-board certification proving an effective solution to training needs. Dramatically reducing the costs associated with travel expenses, accommodation and the requirement to pay crew-members for training in their leave period, Seagull Maritime's Norwegian Maritime Rules & Regulations onboard course provides the same high quality education at a reduced cost [4].

Some disadvantages

The result of CBT utilisation depends upon the design of CBT software. The trainee receives the knowledge and skills himself when he carries out a CBT individually. Some critics question the value of CBT, claiming that it is all form and little substance. It is sometimes poor in the content of course knowledge because of the lack of the depths in engineering training design.

It is not very clear as for the implications of random learning when students determine their own programmes. The organisation of CBT becomes more difficult when you do in class. The instructors have to manage to switch the attention of students between computer and themselves. Sometimes these processes of changing attention make both the instructor and students busy and tired. When you do CBT individually, the instructors also have difficulties in organising the learning programme of different individuals.

CBT has a trend to weak some traditional academic skills, which is still very useful nowadays. The demonstration of principles and structure of machinery by CBT makes it easy for students to understand them. However, it can decrease their ability of imagination in mechanical space and structure.

Too much CBT in engineering will give a trainee too much easier work in machinery structure reading. So the future engineers could have lack of the ability of reading drawings, which is the most common skill of their job.

CBT can not replace the hands-on training in MEET. CBT in hands-on field deals with the training of operation procedures and analysis of troubles [2].

Conclusion: why is it necessary?

The necessity of an effective crew evaluation system such as the Seagull Test can be realized from the fact that there is an acute need for trained and competent staff in the marine industry.

- It is a flexible seafarers' test which allows all the marine companies to alter the questionnaire according to their specific needs. This helps in absolute evaluation of candidates for their suitability for the job.
- The test is a standard crew test which eliminates chances of discrepancy. This means, all seafarers will be tested on the basis of same STCW approved criteria, in a standardized manner. Hence, efficiency of the entire crew evaluation system enhances greatly.
- Seagull tools such as Ability Profiling Tool (APRO) help marine recruiters to identify ability of a candidate to deal with emergencies early on, and allow them to make reasonable decisions on that basis.
- This is an automated randomized testing tool that maintains the efficiency of testing procedure. This system of crew test cannot be manipulated, and hence always offers best results [5].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Albert R. Stiles Jr. Status of Seafarer CBT and Comparison of IMO CBT Guidance with U.S. /, John Dumbleton – CORP, 2001 – Florida, USA – P. 18

2. Nong Li. A study of the role of CBT [computer based training] and [the] use of CBT in enhancing marine engineering education and training standards / World Maritime University Dissertations, 1999 – Paper 238. – P. 88
3. <http://www.seagull.no/Courses-training> — Назва з екрана.
4. <http://www.seagull.no/Competence-management> — Назва з екрана.
5. <http://www.marineinsight.com/marine-safety/what-is-seagull-test-or-crew-evaluation-system-for-seafarers/> — Назва з екрана.

УДК 629.5.047 / 064.5

Karpelenya A. O., Shalyov A. S.
National University «Odessa Maritime Academy»

Electrical safety on shipboard

If you are new to a ship, the first few days might leave you confused, lost, and extremely apprehensive as to how you are going to spend the rest of your days of your contract on the ship safely without confronting any accidents. The huge matrix of pipes, the complex machinery, and the massive bunch of wires which runs without any restrictions in different directions might leave you a bit messed up in your mind. It is during this vulnerable mindset, you can come across the worst accident that has happened to you [1].

Electric shock is the physiological reaction or injury caused by electric current passing through the body. Typically, the expression is used to describe an injurious exposure to electricity. It occurs upon contact of a body part with any source of electricity that causes a sufficient current through the skin, muscles, or hair.

Very small currents can be imperceptible. Larger current passing through the body may make it impossible for a shock victim to let go of an energized object. Still larger currents can cause fibrillation of the heart and damage to tissues. Death caused by an electric shock is called electrocution [2].

When we talk about accidents on a ship, an electrical shock is the worst of all kinds. Electrical wires and connections are present everywhere on a ship and it is important to escape them to prevent yourself and others from getting a major electrical shock. Moreover, it is said that a person on board ship gets an electrical shock mainly due to his/her negligence and unawareness. In this talk we will learn how you can save yourself and others from an electrical shock on board ship. Also we will find out what all precautions you should take are, to minimize the risk of an electrical shock on board:

1. Start with the first round of the day; check all electrical motors, wiring, and switches for abnormal sounds, variation in temperatures, and loose connections.
2. Ensure that all electrical connections are inside the panel box so that no one can touch them accidentally.
3. In accommodation area multiple socket plugs shouldn't be used.
4. Turn off the breaker before starting any work on an electrical system.

5. Double check the electrical tools like portable drills for any loose wires before attempting any job.
6. Always wear protective clothing, rubber gloves, rubber knee pads and safety shoes to avoid risk of shock.
7. Use electrically insulated handle tools for working or checking electrical system.
8. Before working, remove conductive items [1].
9. Try as much as possible not to work on live system and even if you do so be a professional and work carefully with full concentration.
10. During working in a group or pair, organise a tool box meeting and discuss the procedure, risk and hazards of the job in hand.
11. If you don't know about the system, ask for assistance. Don't work without knowing it.
12. Always think about your own safety and safety of fellow persons while carrying out any electrical work.

The danger from an electrical shock depends on the type of current, how high the voltage is, how the current travelled through the body, the person's overall health and how quickly the person is treated.

An electrical shock may cause burns, or it may leave no visible mark on the skin. In either case, an electrical current passing through the body can cause internal damage, cardiac arrest or other injury. Under certain circumstances, even a small amount of electricity can be fatal.

When one should contact his or her doctor:

A person who has been injured by contact with electricity should be seen by a doctor.

Caution:

Don't touch the injured person if he or she is still in contact with the electrical current. Don't get near high-voltage wires until the power is turned off. Overhead power lines usually aren't insulated. Stay at least about 6 meters away — farther if wires are jumping and sparking. Don't move a person with an electrical injury unless he or she is in immediate danger.

Call a doctor if the victim has next symptoms: severe burns, confusion, difficulty breathing, heart rhythm problems (arrhythmias), cardiac arrest, muscle pain and contractions, seizures, and loss of consciousness.

Take these actions immediately while waiting for medical help:

Turn off the source of electricity, if possible. If not, move the source away from you and the person, using a dry, non-conducting object made of cardboard, plastic or wood.

Try to prevent the injured person from becoming chilled.

Apply a bandage. Cover any burned areas with a sterile gauze bandage, if available, or a clean cloth. Don't use a blanket or towel, because loose fibres can stick to the burns [3].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. www.marineinsight.com — Назва з екрана.

2. [wikipedia.org/wiki/Electric_shock](https://www.wikipedia.org/wiki/Electric_shock) — Назва з екрана.
3. <http://www.mayoclinic.org/first-aid/first-aid-electrical-shock/basics/art-20056695> — Назва з екрана.

УДК 620.92

Bondar M. A., Shalyov A. S.
National University «Odessa Maritime Academy»

How is alternative energy generated?

INTRODUCTION

Today, I would like to speak up about alternative energy sources. Alternative energy encompasses all those things that do not consume fossil fuel. They are widely available and environment friendly. They cause little or almost no pollution. There have been several alternative energy projects running in various countries to reduce our dependence on traditional fossil fuels. You can consider many impressive options. Now you will learn more about alternative energy sources that you can take into consideration.

WHY IS IT IMPORTANT?

First, and perhaps most important, we are in danger of ruining the planet's climate because of carbon dioxide emissions. If we continue to use fossil fuels, we may increase the temperature of the planet in ways that will harm our entire ecosystem and us [1].

Second, we cannot keep using fossil fuels forever. They will eventually run out, because the population of the Earth is always growing.

For both these reasons, we need to find other sources of energy that do not emit carbon dioxide when used [2].

WHAT DO WE ALREADY KNOW ABOUT IT?

These sources of energy must be renewable and must not cause the pollution that fossil fuels do.

Solar energy

The sun can provide us with all the energy we need, for free! The main problem is to collect and store this energy in an economical way.

Today, we can capture energy from the sun with plates or cells. Collectors put on roofs of houses and other buildings turn solar energy into heat. With this energy, we can heat up water or the air inside.

Solar cells convert the sun's light directly into electricity. They are used in small objects like watches and pocket calculators.

Wind energy

Windmills have been used for centuries to grind grain and pump water out of areas that have been flooded, like the Netherlands or the northern parts of Germany [3].

Today, large wind generators turn the power of wind into electricity. Such devices, however, can only be used in places with strong and constant winds. Now, though, costs are too high to produce wind energy on a big scale.

Tidal energy

Tidal energy comes from the movement of ocean waves. One way to use the power of waves is to seal off a bay with a dam. When water moves into and out of the bay it turns a turbine, which produces electricity.

There are some coastal areas around the world where the difference between high and low tide is up to 10 metres and more. Great Britain, the Netherlands, Germany or France have coastal regions where such power can be created [3].

Nuclear Fusion

Fusion may solve all our energy problems. Hydrogen atoms are united and can produce large amounts of energy. In contrast to the splitting of atoms fusion is safer and does not produce much nuclear waste.

We have an almost endless amount of hydrogen in our oceans but, up to now, scientists have not yet come up with a way to produce large amounts of such energy. Such a system, which produces cheap energy from our oceans, will probably take years or decades to develop.

Biomass

Biomass is material that comes from plants and animals. It contains energy that the sun has produced and when burned produces heat. Wood, plants and crops are the most important sources of biomass today.

It can also be changed into other forms of energy, like gas, ethanol or bio diesel. In Brazil, for example, about 20% of all cars are driven by ethanol, produced from sugar cane. Biomass is also a renewable source of energy because crops and trees always grow.

Geothermal energy

Geothermal power can be produced in places where water comes into contact with hot rock below the Earth's surface. The water that reaches these hot areas turns into steam, which then produces electricity. In places where no natural underground water supplies exist, engineers pump it into the hot rock layers [4].

Geothermal heat is an important source of energy in countries that lie in volcanic areas, like Iceland, Italy, New Zealand, the Philippines or the USA (California) [3]. Geysers are eruptions of hot water that come to the surface. Such naturally heated water is used to heat homes and greenhouses.

WHAT CAN WE DO?

At the end, I would like to motivate electrical cadets to explore alternative energy sources more and try to make something useful for everybody on this planet. Who knows, maybe one of us will make a difference to the whole world one day!

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. <http://www.conserve-energy-future.com/alternativeenergysources.php> — Назва з екрана.

2. <https://www.enotes.com/homework-help/why-important-find-alternative-energy-sources-132419> — Назва з екрана.
3. <http://www.english-online.at/geography/energy/alternative-energy-sources.htm> — Назва з екрана.
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Power_engineering — Назва з екрана.

УДК 621.316=44.1 : 004.4

Ivanov V. V., Shalyov A. S.
National University «Odessa Maritime Academy»

Programmable logic controller

Overview

A programmable logic controller (PLC), or programmable controller is an industrial digital computer which has been ruggedised and adapted for the control of manufacturing processes, such as assembly lines, or robotic devices, or any activity that requires high reliability control and ease of programming [1].

PLCs were introduced in the late 1960s by inventor Richard Morley to provide the same functions as relay logic systems. Relay systems at the time tended to fail and create delays.

The purpose of a PLC was to directly replace electromechanical relays as logic elements, substituting instead a solid-state digital computer with a stored programme, able to emulate the interconnection of many relays to perform certain logical tasks. PLCs control a wide range of applications from simple lighting functions to modern ship cranes. These systems perform many functions, providing a variety of analogue and digital input and output interfaces; signal processing; data conversion; and various communication protocols. All components and functions of the PLC are centred around the controller, which is programmed to perform a specific task [2].

The main PLC module must be flexible enough and customizable to meet the diverse needs of different plants and applications. Input stimuli (analogue or digital) are received from machines, sensors or process events in the form of voltage or current. The PLC must accurately interpret and transform the incentives for the CPU, which in turn determines the set of instructions for the output systems that control the actuators in the plant or in another industrial environment [3].

PLCs have from four to hundreds of input/output (I/O) channels in a wide variety of form factors, so size and power can be as important as system accuracy and reliability. Modern engineers are integrating newest technologies into microcircuits, thereby reducing the overall system footprint and power demands and making designs more compact.

The PLC has many 'input' terminals through which it interprets 'high' and 'low' logic states from sensors and switches. It also has many output terminals through which it outputs 'high' and 'low' signals to power lights, solenoids, contactors, small motors and other devices that provide the ability to control on / off. To sim-

plify the programming of the PLC, its programming language was similar to the ladder logic diagram. Thus, an industrial electrician or an electrical engineer, accustomed to reading the ladder logic circuitry, will feel comfortable programming the PLC to perform the same control functions [4].

Robust Design

From 1960s, the general function and flow of the signalling path changed little. Nevertheless, the management of the twenty-first century processes puts new and more stringent requirements for PLCs: higher productivity, less form factor and greater functional flexibility. There must be built-in protection against potentially hazardous high-amplitude transient pulses detected in harsh industrial environments.

PLCs are robust and can survive harsh conditions including severe heat, cold, dust, and extreme moisture. Their programming language is easily understood, so they can be programmed without much difficulty. PLCs are modular so they can be plugged into various setups. Relays switching under load can cause undesired arcing between contacts. Arcing generates high temperatures that weld contacts shut and cause degradation of the contacts in the relays, resulting in device failure. Replacing relays with PLCs helps prevent overheating of contacts [5].

PLCs are expected to work flawlessly for years in industrial environments that are hazardous to the very microelectronic components that give modern PLCs their excellent flexibility and precision. With each passing day engineers improve the PLC technologies with exceptional product reliability and innovative approaches to protect high-performance electronics from real environmental dangers, including high levels of ESD (Electrostatic Discharge), large transient voltage swings, and EMI (Electromagnetic Interference) or RFI (Radio Frequency Interference).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_logic_controller — Назва з екрана.
2. <https://www.allaboutcircuits.com/textbook/digital/chpt-6/programmable-logic-controllers-plc/> — Назва з екрана.
3. <https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/4701> — Назва з екрана.
4. <http://machinedesign.com/engineering-essentials/engineering-essentials-what-programmable-logic-controller> — Назва з екрана.
5. <http://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/pages/default.aspx> — Назва з екрана.

The evolution of PLC

A programmable controller (PLC) is an industrial digital computer which has been ruggedised and adapted for the control of manufacturing processes, such as assembly lines, or robotic devices, or any activity that requires high reliability control and ease of programming and process fault diagnosis.

They were first developed in the automobile industry to provide flexible, ruggedised and easily programmable controllers to replace hard-wired relays and timers.

Since then they have been widely adopted as high-reliability automation controllers suitable for harsh environments. A PLC is an example of a ‘hard’ real-time system since output results must be produced in response to input conditions within a limited time, otherwise unintended operation will result [1].

PLCs can range from small ‘building brick’ devices with tens of I/O in a housing integral with the processor, to large rack-mounted modular devices with a count of thousands of I/O, and which are often networked to other PLC and SCADA systems.

They can be designed for multiple arrangements of digital and analogue inputs and outputs (I/O), extended temperature ranges, immunity to electrical noise, and resistance to vibration and impact. Programmes to control machine operation are typically stored in battery-backed-up or non-volatile memory.

It was from the automotive industry in the USA that the PLC was born. Before the PLC, control, sequencing, and safety interlock logic for manufacturing automobiles was mainly composed of relays, cam timers, drum sequencers, and dedicated closed-loop controllers. Since these devices could number in the hundreds or even thousands, the process for updating such facilities for the yearly model change-over was very time consuming and expensive, as electricians needed to individually rewire the relays to change their operational characteristics.

When digital computers became available, being general-purpose programmable devices, they were soon applied to control sequential and combinatorial logic in industrial processes.

However these early computers required specialist programmers and stringent operating environmental control for temperature, cleanliness, and power quality. To meet these challenges the PLC was developed with several key attributes. It would tolerate the shop-floor environment, it would support discrete (bit-form) input and output in an easily extensible manner, it would not require years of training to use, and it would permit its operation to be monitored. Since many industrial processes have timescales easily addressed by millisecond response times, modern (fast, small, reliable) electronics greatly facilitate building reliable controllers, and performance could be traded off for reliability [2].

The functionality of the PLC has evolved over the years to include sequential relay control, motion control, process control, distributed control systems, and networking. The data handling, storage, processing power, and communication capabilities of some modern PLCs are approximately equivalent to desktop computers.

PLC-like programming combined with remote I/O hardware, allow a general-purpose desktop computer to overlap some PLCs in certain applications.

Desktop computer controllers have not been generally accepted in heavy industry because the desktop computers run on less stable operating systems than do PLCs, and because the desktop computer hardware is typically not designed to the same levels of tolerance to temperature, humidity, vibration, and longevity as the processors used in PLCs.

Operating systems such as Windows do not lend themselves to deterministic logic execution, with the result that the controller may not always respond to changes of input status with the consistency in timing expected from PLCs.

Desktop logic applications find use in less critical situations, such as laboratory automation and use in small facilities where the application is less demanding and critical, because they are generally much less expensive than PLCs.

In more recent years, small products called PLRs (programmable logic relays), and also by similar names, have become more common and accepted. These are much like PLCs, and are used in light industry where only a few points of I/O (i.e. a few signals coming in from the real world and a few going out) are needed, and low cost is desired.

These small devices are typically made in a common physical size and shape by several manufacturers, and branded by the makers of larger PLCs to fill out their low end product range. Popular names include PICO Controller, NANO PLC, and other names implying very small controllers.

Most of these have 8 to 12 discrete inputs, 4 to 8 discrete outputs, and up to 2 analogue inputs. Size is usually about 4" wide, 3" high, and 3" deep.

Most such devices include a tiny postage-stamp-sized LCD screen for viewing simplified ladder logic (only a very small portion of the program being visible at a given time) and status of I/O points, and typically these screens are accompanied by a 4-way rocker push-button plus four more separate push-buttons, similar to the key buttons on a VCR remote control, and used to navigate and edit the logic.

Most have a small plug for connecting via RS-232 or RS-485 to a personal computer so that programmers can use simple Windows applications for programming instead of being forced to use the tiny LCD and push-button set for this purpose. Unlike regular PLCs that are usually modular and greatly expandable, the PLRs are usually not modular or expandable, but their price can be two orders of magnitude less than a PLC, and they still offer robust design and deterministic execution of the logics [3].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. E. A. Parr Industrial Control Handbook / Industrial Press Inc. ISBN 0–8311–3085–7. 1999, – P. 896
2. Harms, Toni M. & Kinner, Russel H. P. E, Enhancing PLC Performance with Vision Systems, 1989 – P. 183
3. Gregory K., McMillan, Douglas M. Considine (ed), Process/Industrial Instruments and Controls Handbook, 1999 – ISBN 0–07–012582–1 Section 3 Controllers – P. 248

Abul hasan Nadim Hasan., Shalyov A. S.
National University «Odessa Maritime Academy»

Types of cargo vessels

There are mainly four different kinds of cargo ships and they are classified on the basis of the cargo that they carry, namely: general cargo vessels, multi-purpose vessels, dry-bulk carriers and last but not the least, tankers. General cargo vessels mostly carry packaged goods like foods, footwear, garments, chemicals, machinery, furniture and motor vehicles etc [1].

Heavy lift ships

Heavy lift ships are of two types: semi-submerging capable of lifting another ship out of the water and transporting it; and vessels that increase unloading facilities at inadequately equipped ports. Semi-submerging are more commonly known as a 'flo/flo' for float-on/float-off. These vessels have a long and low well decks that can go down under water allowing oil platforms, other vessels, or other floating cargo to be moved into position for loading.

Bulk carriers

Bulkers are designed to be easy to build and to store cargo efficiently. To facilitate construction, bulkers are built with a single hull curvature. Also, while a bulbous bow allows a ship to move more efficiently through the water, designers lean towards simple vertical bows on larger ships [2].

General cargo ships (sometimes called Break-bulk Carriers)

These ships will mostly have four or five holds (a hold is the cargo space in a ship), with one or, in a few cases, two holds aft of the engine room, and four to five holds generally forward of the engine room. They have long protruding rigging for winches by each hold. These winches are used to load and unload the cargo. The cargo is usually packaged and moved as single parcels, or assembled together on pallet boards.

Container ships

These ships are designed to carry large steel containers that are usually 20 feet or 40 feet long, eight feet wide and eight feet tall. These ships are loaded and off-loaded by large cranes to and from trucks.

Auto carriers

These are huge ships that are nothing more than floating parking garages. They can hold between 2,000 and 4,000 vehicles. Ramps are lowered out of the side of the ship and the vehicles are driven off. The average auto carrier is about 600 feet long, 100 feet wide and over 100 feet tall.

Tankers

These are little more than oil drums with an engine. Though the most common tanker hauls oil, there are other tankers that haul many different types of liquids and gases. You can spot a tanker by the large amount of piping forward of the bridge on the main deck.

Fishing vessels

There are different types of fishing vessels:

- A fishing boat may be as long as 90 feet and will have refrigerated holds.
- A processor does not only catch fish, but also within them there is a factory to completely process the fish. The factory deck will be right under the main deck and the fish come in and they are cleaned, filleted and packaged.
- A non-fishing processor is a rather new type of ship that a few multinational corporations use. These ships have been converted from general cargo ships that have huge factory decks and refrigerated holds.

Oil industry vessels

These are the vessels that are used by the oil industry in offshore drilling.

Passenger ships

Today passenger ships are mostly used as cruise ships, but there are still a few passenger ships that transport people from port to port for the purpose of transportation, rather than sightseeing.

Ferryboats

These are still in use in places where bridges cannot be built or are not constructed, for one reason or another. Some ferries cross short bodies of water, while some sail long distances, like the Alaskan ferry.

Tow and tug boats

These are small vessels that generally have two powerful engines. Towboats are used for moving barges while tugboats are used to move ships, in most cases to dock them.

Barges

These are unpowered vessels that require a towboat to move. Barges are used to transport different cargoes of which there are three basic types: there is the sunken hold type for such things as grain and ore, the flat top type for such things as containers and the tanker barges for liquids and gases.

Specialized ships

There are many ships that are constructed or converted for specialized purposes, like dredging, exploration, offshore construction, work gang ships (these are for housing workers in areas where there is no onshore living quarters), or for specialized cargo. For example, banana boats that are not much more than small general cargo ships [3].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. <https://iww.org/unions/iu510/yarbird/yarbird4.shtml>
2. <https://www.freightratecentral.com/blog/types-of-ships-used-to-carry-cargo>
3. <http://shippingandfreightresource.com/types-of-cargo-ships/>

Наиболее часто встречающиеся ошибки при изучении английского языка на начальном этапе

« The most common mistakes when learning English.»

« Типові помилки під час вивчення англійської мови на початку.»

У статті розглянуто типові помилки які трапляються на початку вивчення англійської мови. Автор використовує свій досвід (30 років викладання англійської мови у НУ «ОМА»), а також досвід вітчизняних та зарубіжних вчених.

Изучение английского языка – не настолько сложная и невыполнимая задача, как может показаться на первый взгляд. Для того чтобы добиться желаемого успеха, необходимо правильно организовать рабочий процесс и постараться избегать распространенных ошибок. В данной статье мы рассмотрим причины, по которым даже наиболее старательные студенты не достигают хороших результатов.

1. Слишком большие ожидания

К сожалению, сегодня на каждого из нас негативно воздействует реклама, которая в большинстве своем довольно абсурдна. В вашем городе открылась новая «супер школа иностранного языка», которая обещает значительно улучшить ваш уровень всего за пару недель? Не стоит верить такой сладкой лжи: за короткие сроки вы не сможете выучить ни английский, ни немецкий, ни китайский. Довести свои знания до приличного уровня с нуля можно, как минимум, за 1 год усиленных занятий.

2. Неверная постановка цели

Если вы учите язык только потому, что так модно, или «без английского никак», то у вас не будет слишком сильной мотивации. Настоящая цель – это изучение языка для получения новой и более перспективной работы, полной смены квалификации, поступления в престижное учебное заведение (например, за границу), путешествий. Вы должны четко осознавать, какие выгоды вам принесут новые знания.

3. Концентрация на грамматике

Самая популярная и опасная ошибка. Исследования показывают, что слишком активное изучение только грамматики негативно сказывается на речевых способностях. Почему? Английская грамматика может быть сложна для логического понимания, а общение в режиме реального времени отличается высокой скоростью. Получается, что у вас не будет достаточно времени, чтобы вспоминать сотни заученных правил просто для того, чтобы высказаться. Желательно, чтобы вы осваивали грамматику английского языка на подсознательном и интуитивном уровне. Наилучший способ – это активное общение с иностранцами и прослушивание правильной английской речи.

4.Изучение только официального английского по книгам

Такой подход к обучению оправдан лишь в том случае, если вы намерены сдать серьезный международный тест. Если же вам необходимо просто значительно улучшить собственные знания, не забывайте и о других методах. Носители английского языка в общении практически не пользуются заумными фразами, которые вы можете отыскать в серьезных учебниках. Если вы желаете добиться успеха, не забывайте об изучении идиом, фразовых глаголов и даже сленга.

5.Слишком сильное стремление к идеалу

И преподаватели, и их ученики нередко слишком зацикливаются на ошибках и расстраиваются из-за них. Увы, но пытаясь приблизиться к идеалу, вы забываете о том, что даже носители языка допускают в своей речи неточности. Вместо того чтобы останавливаться на негативе, сосредоточьтесь на самом процессе общения и изучения языка. Ваша цель – научиться передавать собственные мысли таким образом, чтобы они были понятны окружающим людям. Со временем вы перестанете допускать прежние ошибки.

6.Надежда на школы и репетиторов

Многие люди, которые изучают английский, излишне полагаются и даже перекадывают ответственность на преподавателей либо курсы в языковых школах. Это совсем неправильно. В первую очередь, все зависит от вас. Хороший репетитор лишь оказывает необходимую помощь. Вам необходимо заниматься ежедневно, даже если ваш преподаватель не задал вам домашней работы. Только вы сможете заставить себя серьезно учиться.

7.Изучение отдельных слов

Вместо изучения отдельных лексических единиц необходимо сосредоточиться на запоминании готовых фраз. Так, как это делают маленькие дети. Вспомните, вы ведь не заучивали в детстве конструкции наподобие «do-did-done»? Верно, вы сразу же запоминали целые словосочетания или даже предложения. На самом деле, это совсем несложно. Лучший помощник – чтение.

8.Недостаточное закрепление изученного материала

При изучении любого языка стоит руководствоваться правилом «меньше, но качественнее». Если вы полагаете, что фразу, которую вы выучили вчера, вы сможете вспомнить через месяц, скорее всего, это заблуждение. Неиспользуемую и невостребованную информацию наш мозг просто выбрасывает. Будет замечательно, если вы найдете время для того, чтобы повторить изученный материал несколько раз с определенным интервалом. Например, первое повторение через день, следующее через 3-4 дня и еще одно через неделю. Такая методика позволит закрепить важные знания в долговременной памяти и без труда «достать» их оттуда в случае необходимости.

9.Преждевременное говорение

Многие любители особо быстрых методик изучения иностранных языков утверждают, что начинать говорить на английском нужно уже с самых первых занятий. А теперь представьте: ребенка, который только начал знакомиться с речью окружающих, сразу же заставляют разговаривать. Вряд ли из этого выйдет что-то толковое. Без определенного багажа знаний вы не получите ни-

чего, кроме расстройтва. Именно поэтому грамотные репетиторы сосредотачивают внимание учащегося на прослушивании аудиозаписей, подготовленных носителями языка.

10. Неорганизованность Пропуски занятий, отсутствие определенной методики обучения, постоянные смены репетиторов – такими темпами вы точно не сможете быстро и качественно выучить английский язык. Во-первых, необходимо грамотно планировать собственное время. Если вы решили обучаться самостоятельно, то постарайтесь сделать так, чтобы уроки проходили не реже 3-4 раз в неделю. Лучше – каждый день. Иначе ощутимого прогресса добиться будет сложно. Во-вторых, распишите график с точным указанием времени начала и окончания занятий. Обозначьте кратковременные цели, которые вы собираетесь достичь в изучении языка. Придерживайтесь установленного плана и не пропускайте занятия.

11. Отсутствие концентрации на произношении

О том, что произношение английского и русского языка значительно отличается, слышан каждый. Вы можете прекрасно знать грамматику, владеть хорошим лексическим запасом и даже уметь применять полученные знания на практике, но... разговаривать с жутким акцентом. Причин такого неутешительного явления может быть масса: выбор некомпетентного репетитора, недостаточное выделение времени отработке произношения, игнорирование аудио-курсов, отсутствие живого общения на английском... Основная проблема состоит в том, что со временем искоренить ошибки произношения становится все сложнее.

12. Нежелание читать на английском

Да, чтение иностранных газет, журналов и книг – довольно сложное занятие. Но нет никакой необходимости в том, чтобы вы понимали буквально каждое написанное слово. Важно понимать общий смысл текста и учиться определять значение лексических единиц по контексту. Регулярное чтение поможет вам не только расширить собственный словарный запас, но и научиться правильно строить собственную речь. Сами того не замечая, вы усвоите не один десяток правил английской грамматики. Не отказывайтесь от дешевого (а то и бесплатного) варианта практики.

Если учесть все вышеперечисленное и проверенные на практике наблюдения и замечания, то мы приходим к выводу, что самостоятельное изучение и ежедневное закрепление изученного материала; при умелой организации учебного процесса – дают желаемые и позитивные результаты.

УДК 629.5.01

Popov D., Kozak S.
Confined space entry

1. **Confined space. IMO definition.**

- ❖ Enclosed space means a space which has any of these characteristics:
 - ❖ *limited openings for entry and exit;*
 - ❖ *inadequate ventilation;*

- ❖ *not designed for continuous worker occupancy,*
- ❖ *and include, but not limited to, cargo spaces, double bottoms, fuel tanks, ballast tanks, cargo pump-rooms, cargo compressor rooms, cofferdams, chain lockers, void spaces, duct keels, inter-barrier spaces, boilers, engine crankcases, engine scavenge air receivers, sewage tanks, and adjacent connected spaces.* This list is not exhaustive and a list should be produced on a ship-by-ship basis to identify enclosed spaces.

2. The hazards associated with confined spaces.

- Toxic atmosphere;
- Oxygen deficiency;
- Flammable atmosphere.

2.1. Toxic atmosphere.

A toxic atmosphere may cause various acute effects, including impairment of judgement, unconsciousness and death. A toxic atmosphere may occur due to the presence or ingress of hazardous substances. These substances may be present in the Confined Space for various reasons such as:

- ❖ *remaining from previous processing or storage;*
- ❖ *arising from the disturbance of sludge and other deposits;*
- ❖ *the presence of a fire or flames within the space;*
- ❖ *seepage from improperly isolated adjoining plant;*
- ❖ *formation during the work processes carried out in the space;*
- ❖ *being released from under scale and in brickwork as a result of the work process.*

2.2. Oxygen deficiency.

The oxygen content of the atmosphere in enclosed spaces may be low for several reasons:

- ❖ If the space is in an inert condition and the oxygen has been displaced by the inert gas;
- ❖ Chemical reactions, such as rusting or the hardening of paints or coating.

O2 Concentration
21%

Symptoms
Natural air



O2 Concentration
18%

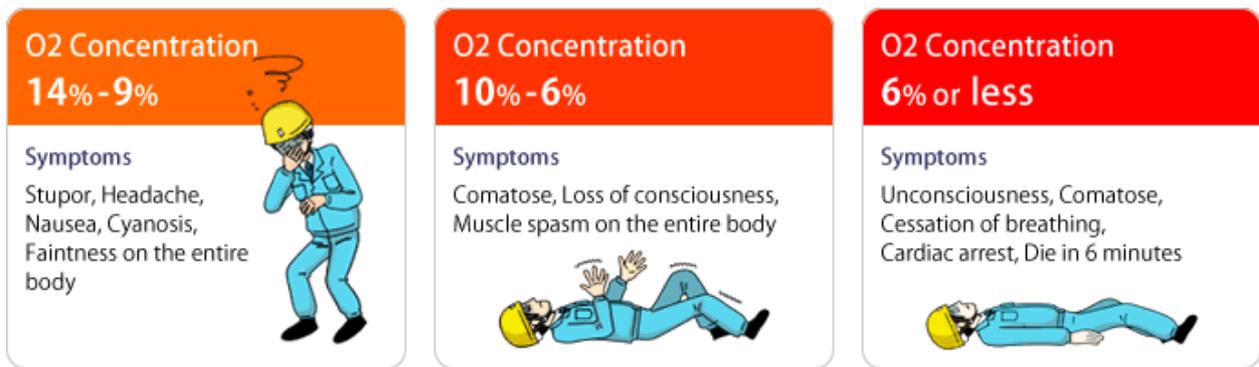
Symptoms
Limit level for not causing serious health problems. Continuous ventilation is required



O2 Concentration
16% - 12%

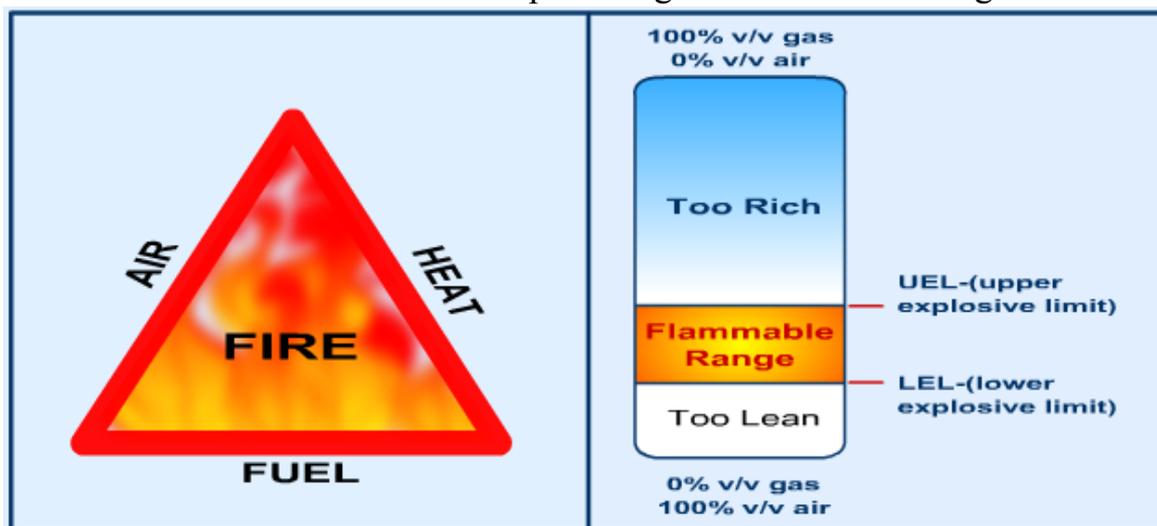
Symptoms
Rapid breathing, Increase in pulse rate, Loss of concentration, Headache, Nausea, Ear ringing





2.3. Flammable atmosphere.

- ❖ For combustion to occur, fuel, oxygen and heat or a source of ignition must be present.
- ❖ On removing any of these elements, combustion will not occur.
- ❖ Combustion requires a perfect mixture, it will not sustain if:
 - Oxygen is less than 11% in the atmosphere;
 - Fuel percentage by volume is either too less that is too lean or too rich that is excessive percentage by volume is present;
 - If sufficient heat or spark to ignite the air is missing.



3. Entry procedures.

3.1. Ventilation.

- ❖ If forced ventilation is used, at least four air changes must take place before entry is allowed.
- ❖ Where only natural ventilation is possible, the space must be allowed to 'breath' for at least 24 hours.
- ❖ In certain spaces, such as double bottom tanks, the most effective way of ensuring full ventilation may be to fill the compartment with clean sea water and then pump it out allowing fresh air to be drawn in.

3.2. Atmosphere tests prior entry.

- ❖ No entry shall be permitted into any enclosed space unless the atmosphere inside has been tested with type approved, calibrated and tested equipment.

- ❖ The Appropriate atmosphere checks are:
 - Oxygen content 20.9%;
 - Hydrocarbon vapour concentration less than 1% LEL;
 - NO toxic or other contaminants.

3.3. Personal Protective equipment.

- ❖ PPE considered appropriate:
 - Overalls, safety shoes, safety helmets, gloves, safety glasses and safety harness;
 - Safety torches, approved VHF/UHF radios;
 - EEBD, personal gas monitors.

3.4. Enclosed space permit.

- ❖ Person entering the space should complete the permit along with responsible officer and ensure that above safeguards are put into effect prior to entering the space.
- ❖ Duration of permit should be sufficient to complete the job but should never exceed 12 hours. If time period expires then again new permit is to be issued and checklist is to be filled out.
- ❖ A copy of permit should be prominently displayed at the entrance to the enclosed space
- ❖ Separate permit should be issued for each space to be entered.
- ❖ Permit must be counter-signed by the Master before allowing entry of personnel.

3.5. Attendant outside confined space.

- ❖ One person with walkie-talkie must always be on standby outside the manhole.
- ❖ The standby person should have no other duties and is to be positioned outside the confined space entry point at all times while personnel are within the space.

УДК 629.5.01

Khorunzhyi N., Kozak S.

The ISPS Code

Understanding of the ISPS Code:

Remember, “The ISPS code does not permit any compromise on safety for the sake of security”

The Master has an overriding responsibility and authority to maintain the safety and security of the ship.

The ISPS code provides that the port authority can stipulate security requirements to be met by ships waiting to enter or operate outside it's facility, if the security level of the port is higher then the ship.

ISPS Code Training: Maritime Security



Security levels:

- Level 1 minimum appropriate security levels maintained at all times – the “New Normalcy”
- Level 2 There is a heightened risk of a security incident maintained for a brief period of time.
- Level 3 Limited period where a security incident is probable or imminent – appropriate security measures are maintained in accordance with the security plan.

Instructions of a Contracting Government:

- Should there be a “breach in the security” procedures given in the Ship Security Plan must be compiled with.

The IMO response:

- Maritime Security Working Group established
- Minor amendments to SOLAS Ch. V
- Major change to existing SOLAS Ch. XI
- Ch. XI-1 “Special Measures to Enhance Maritime Safety”
- Ch. XI-2 “Special Measures to Enhance Maritime Security”

Special measures to enhance Maritime Safety:

- Regulation 3 – Ship Identification Number.

- Regulation 5 – Continuous Synopsis Record
Response Action in Case of Breach of Security:
- ISPS – SSP: Possible SSAS Activation, akertubg the CSO/Flag/PFSO by other means, implementing contingency plan 19, reporting and recording the SSP – Appendices.
- A Breach of Security can be:
 - a) A security incident
 - b) A breakdown and/or non-availability of security equipment on board.
 - c) A breakdown in compliance with security measures as specified in the SSP.
 - d) A negligent disclosure of “confidential” SSP information to the wrong authority/party.
 - e) A lack of awareness of crew responsibility/duties.
- All Breach of Security must be reported and recorded according to the SSP.
- Furthermore a Security Incident must be reported within 24 hours of its occurrence.

The Port Facility has:

- Port Facility Security Officer.
 - As usual, in advance of the port call, the SSO/Master must agree on the applicable Security Level.
- In NO CASE should your vessel operate at a level lower than that of the Port Facility.**

Declaration of Security:

- It is Company’s requirement that your vessel serves a DoS, At least for every port. If the PFSO refuses to sign then this is to be reflected on the DoS and an entry made in the OLB. The USA requires a DoS to be signed at every port.
- The SSO will have a record of the ships last 10 ports of call (Security file)

Security Equipment and Maintenance:

- Master and SSO to ensure availability in good condition for ISPS code compliance of at least:
 - a) Portable torch lights.
 - b) Portable cargo lights with wire lead connections.
 - c) Daylight signaling lamp and battery charger in good working condition (3 spare bulbs)
 - d) Padlocks for doors
 - e) Spare bulbs and fuses for 25% of each type of lighting
 - f) Spare batteries
 - g) Hand held equipment for communications, spare batteries.

Ship Security Officer:

- Regular security inspections of the ship.
- Maintenance and implementation of security plans.
- Reporting non-conformities and corrective action.
- Ensures adequate security training & drills at least once every 3 months.
- Care of security equipment.
- Enhancing security culture on-board.

Security Measures for Various controls:

- 1- Access points to your ship are clearly identified in the SSP (SSP Appendix 1) They are : Accommodation ladder & Pilot ladder
- 2- Restricted Areas for your vessel are also specifically identified in the SSP (SSP Appendix I,II). All Doors are to be kept locked; inspected by security patrols and access allowable only to authorized personnel.

It will be a 'breach of security' or a PSC detainable item, if a crew member allows the access to a Restricted Area to outsiders without the SSO / ASSO's permission.



Restricted Area

- Evacuation Routes from the vessel due to a security incident are identified in your SSP (SSP Appendix I). *Emergency Escape from the Engine room MUST BE locked from outside but must be able to be opened from within.*



Jaiany L., Kozak S.V.
National University “Odessa Maritime Academy”

Radio and the Titanic

Problems with radio played a major role in the Titanic disaster of April 14, 1912, when the British passenger liner sank after hitting an iceberg in the mid-Atlantic.

These problems delayed and complicated the rescue, contributing to the deaths of 1,514 passengers and crew, and very nearly sealing the fates of those who managed to survive.

Although its owners boasted that the Titanic was the most modern ship of its day, the Marconi radio system that had been installed in the weeks before the disaster was already obsolete. It was not, as some have claimed, the best radio technology available.

Instead, the system devised by Marconi in 1897, and still in use in 1912, had long since been superseded by other radio. Still, Marconi used his patents, research and monopoly power to hold back competition from other systems. And in the end, even Marconi himself admitted he was wrong to do so.

What about radio disaster?

The Titanic was on its first voyage from Britain to the United States, and had just crossed the point where messages from ships at sea could be exchanged from the easternmost North American wireless station at Cape Race, Newfoundland.

After sending personal messages from the Titanic by Phillips and Bride, the operators were taking down personal messages, along with news and stock reports for the passengers to read the next morning.

About fifteen minutes before the Titanic hit the iceberg, Cyril Evans, a wireless operator on the Californian, which was about 20 miles away, attempted to contact the Titanic to tell them they were surrounded by dangerous icebergs.

He was awakened by the Californian's captain at 3:40 am when the crew observed distress rockets coming from the Titanic's position. But it was too late to help.

Although the official cause of the disaster was the negligence of the Titanic's captain in ignoring iceberg reports, the delayed rescue effort due to radio problems was also a crucial issue.

The Titanic disaster illustrates issues about broadcasting and the limitations of monopolies early in the cycles of technological adaptation. In effect, the Titanic used wireless technology that was rapidly becoming obsolete. Yet American Marconi and its British parent company were notorious for a technological conservatism, especially with respect to using a rapidly obsolescing approach to radio communications – the spark transmitter. It had been apparent that continuous wave, high frequency transmissions were possible and far more efficient.

Technically, the problem with the Titanic's radio telegraph system was that Marconi's “spark” system soaked up virtually all of the frequency bandwidth and created interference for all other ships within signaling distance.

The regulatory system which allowed monopolies in communications equipment also contributed to the failure. If Marconi had been forced to compete with other radio inventors who were also active at the time, a much better system might have been in place at the time of the Titanic disaster.

УДК 629.5.061.16:658.589

Surmilo A.A., Kravets G.B.
National University "Odessa Maritime Academy"

Suicides among seamen during work at sea

Life on board a ship is full of peril. There is the risk of being far removed from civilization and the risk posed by the physical and emotional distance from your family or loved ones.

All of these factors compound to make suicide a very real danger to seafarers. In fact, according to a recent study by the World Health Organization (WHO), seafarers are the second most at-risk profession worldwide when it comes to suicide.

"The data on suicides proves that the mental health of seafarers in many cases continues to be very poor and often fatal," wrote Robert Iversen, who is a leading researcher and advocate on behalf of the mental health of seafarers. "With deaths aboard merchant ships resulting from depression leading to suicide being widely reported, the damage to seafarers, their families, and ship owners cannot be ignored."

However, according to several experts, it is believed that close to half of those "disappearances" (though some argue more) should actually be considered suicides.

There are some statistics of seafarer deaths from 1960 through 2009 and came up with a startlingly high figure. Of more than 17,000 deaths, nearly 6 percent were suicides.

"These percentages would be higher if 50 percent of deaths due to seafarers disappearing at sea were included," noted Iversen in International Maritime Health.

According to an article in Psychological Medicine, there is one more key contributing factor: easy access to a means of committing suicide.

"High occupational suicide rates are often linked to easy occupational access to a method of suicide," the study said.

Of the other high-risk occupations, only veterinarians were more at-risk of suicide. While the study found that veterinarians had a rate of 77 per 100,000, seafarers registered a rate of 76 per 100,000. But also included were pharmacists, dentists and doctors, all of whom have access to pharmaceutical methods of suicide.

The study also found that in more recent years, the trend is for an increase in suicide risk for those who work in the manual occupations and a reduction for those who work in professional trades.

Of these more recent figures, coal miners topped the list, while seafarers remained second, followed by construction workers and window washers.

What can be done?

There is a lot of discussion about how to prevent these unfortunate and unnecessary deaths. Some, like Peter Cremers, the CEO of Anglo-Eastern Ship Manage-

ment, have been quoted as claiming that increased access to communications – things like email and Skype – have only contributed to the high suicide rates, because it makes people miss their family and friends more acutely and can bring in unwanted stresses from home-life on board.

But others, like Stephen Cockerill, a master with DFDS Seaways, believes the opposite to be true. He feels that improved and increased access to communications with home can only benefit those on board.

In one article written by Iversen, a seaman named “Chris B.,” offered his suggestions: four-month-maximum tour lengths with equal shore leave; better quality food; free and greater access to the internet; and a safety culture that “doesn’t just pay lip service to it.”

Changes are coming

Whatever the changes may be, it appears that the shipping companies are taking notice and changes are coming.

Unfortunately, as is so often the case, it takes an economic incentive for action to be taken, and Iversen has addressed this in his studies by offering up an economic argument. He noted that “loss of crew stemming from mental illness, suicide or disappearance at sea can take ships out of service for several days.” Given that many ships cost around \$10,000 per day to operate, this can mean tens of thousands of dollars in lost revenue.

This information “strongly demonstrates the need for everybody connected with the international maritime shipping industry to do something about it,” Iversen said. “The mental health of seafarers and the economic health of the shipping industry will be improved as a result.”

УДК 629.5.061.16:658.589

Kosiuk M., Kravets G.B.
National University «Odessa Maritime Academy»

General description

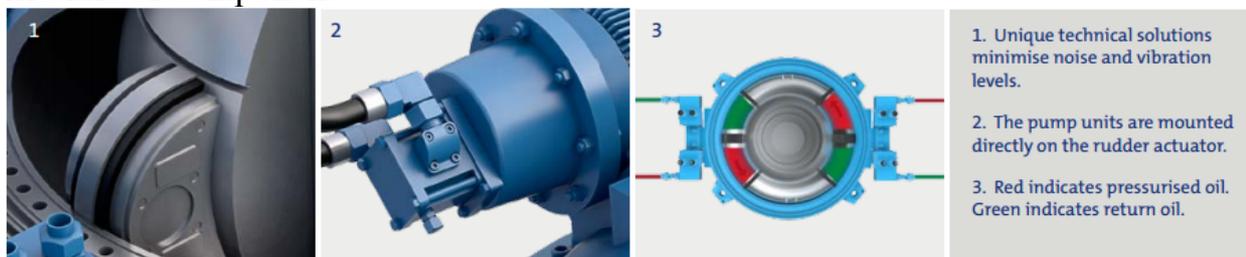
Rolls-Royce supplies a complete range of steering gear, suitable for all types and sizes of ships. The products are designed as complete steering systems with the actuator, power pack, steering control, alarm and rudder angle indicating system in mind, and can therefore be delivered with complete control systems, including control panels with start/stop, non-follow-up and follow-up, mode selection, alarm panels and rudder angle indicators or just a portion of this. The system is also prepared for interface to VDR (voyage data recorders), ships main alarm system, autopilot, joystick and DP when requested. Due to a wide range of demands, great care has been taken from material selection through construction, in order to meet the strictest quality demands.

The Rolls-Royce series of rotary vane steering gears has been manufactured for more than 60 years, with more than 30 000 machines delivered. The principle of a rotary vane gives more flexibility when choosing the design and types of rudder, thanks to the rudder angles of up to $2 \times 70^\circ$. The rotary vane principle also ensures a

constant torque throughout the steering sequence, providing the gear with maximum power output at all rudder angles. This makes navigation through narrow straits or busy shipping channels safer, because maximum torque and steering time can always be achieved, resulting in improved manoeuvrability and improved control. Unique technical solutions ensure very low noise and vibration levels. The compact and simple design reduces weight and the number of components, which in turn secures fast and easy installation of the steering gear. The actuators are mounted directly on the rudder stock, without requiring the use of keys or keyways, facilitating easier assembly and dismantling of the rudder stock. The rudder torque is transmitted by hydraulic coupling or by hydraulic sleeve coupling/expansion rings (for the smaller machines). The naval series of rotary vane steering gear is designed to meet the highest standards for noise, shock and vibration. For naval applications without Milspec requirements the SR & RV ranges offer reliability and maintainability at low cost for a wide range of applications.

The SR series of steering gear

The SR series is suitable for small to medium-sized vessels. The steering gear is designed with integrated frequency controlled pumps. The pump utilises a reversible hydraulic pump motor together with a frequency converter to reduce the power consumption and to change the speed and the direction of the pump. The design gives smooth starting and stopping of the steering gear, and enables a precise analogue control system. The pump units are mounted directly on the rudder actuator, which lessens the need for piping work on board a vessel. Full frequency control means the pumps and motors are only running when a steering command is given, this reduces the amount of heat generated and leads to a cleaner hydraulic system, improving the lifetime of components.



Rotary vane steering gear for larger vessels

The RV series steering gear

The Rolls-Royce RV series of steering gear has a proven service record on all types of vessels. Today's range is suitable for medium-sized to large ships, including large container vessels and VLCCs. The weight is typically 50-60% of a RAM-type steering gear, with a much smaller space requirement. Furthermore, the design's dual, submerged pump power packs make installation even easier, as no expansion tank is needed. Installation is also simplified because of the integrated storage tank and rudder carrier. The modulated flow control modulates the oil flow to the actuator in order to give a soft start and low rudder speed for small rudder movements. The oil flow gradually increases to full flow, allowing full turning speed on the rudder. The system ensures a very precise rudder positioning at small rudder angles during course keeping, while the full flow ensures full manoeuvring capability when

needed. The IRV series steering gear IMO regulations require compliance with the principle of single failure criteria for large tankers over 100,000 dwt. This requirement is met by the IRV series, which incorporates automatic isolation and separation of the actuator's dual hydraulic system. The actuator is equipped with a double sealing system, completely separating the actuator in two individual pressure systems.

4-vane steering gear

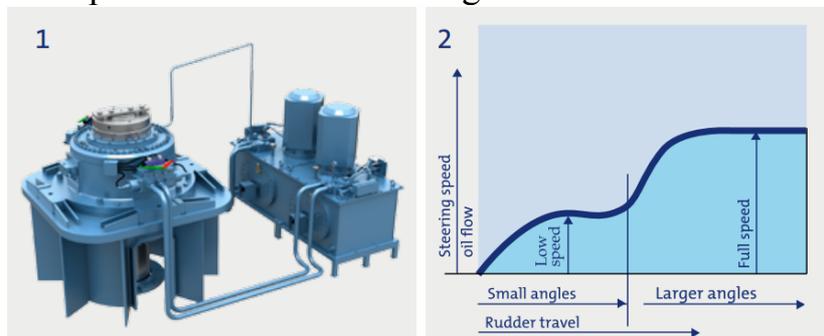
This is a range of extremely compact rotary vane steering gear, which is suitable for medium to large vessels including tankers over 100,000 dwt. The 4-vane steering gear is a further development of the well proven range of steering gear with two and three vanes. The key advantages of this design are its compact size because of the four vanes and its light weight as well. The 4-vane steering gear is available as the standard RV model as well as the IRV model, which satisfies all statutory requirements for tankers over 100,000 dwt. This range also incorporates the proven and unique modulated flow control valve. Frequency-controlled solutions

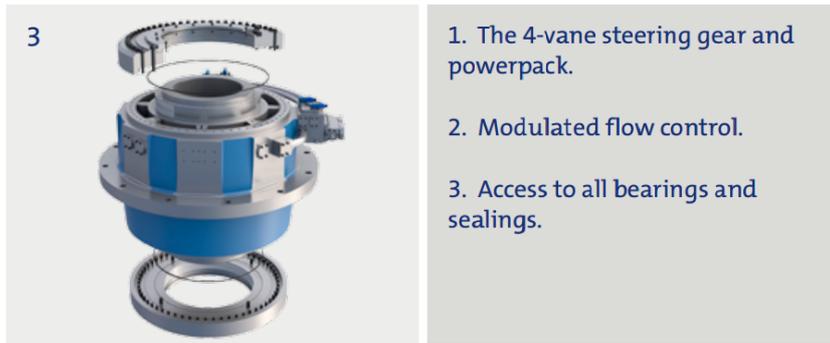
Reduced power consumption

For RV and IRV range, a system with frequency controllers for optimising speed of the electric motors enables us to take control over the power consumption of the steering gear. The design gives smooth starts and stops of the steering gear and enables a precise steering. During idling of the pump, the frequency is reduced to a minimum. The starting current is also reduced to a minimum with this system.

Reduced emergency generator size

The RV and IRV range also have the possibility to have one frequency controller connected to the emergency stand-by pump, in order to reduce the power consumption and the starting current on the emergency generator. This solution will reduce the power consumption and starting current to a minimum during an emergency operation. In-service solution On the larger 4-vane steering gear an integrated lifting device has been included. This device allows access to the split seals and bearings on the top and bottom covers of the actuator without the need to disconnect the rudderstock connection. This way, a full overhaul of the steering gear can be performed without having to disconnect the rudder.





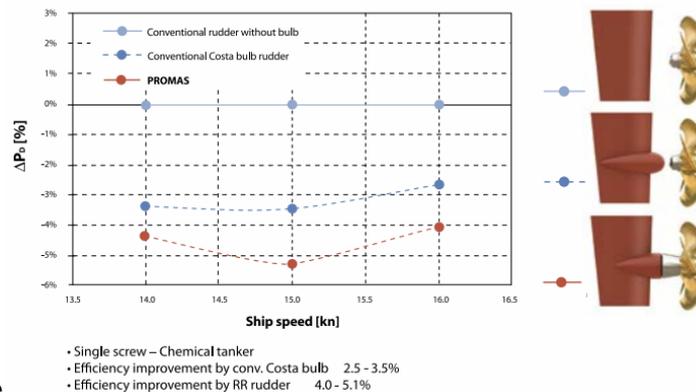
Promas

The best in propulsion and manoeuvring

Promas integrates the propeller and the rudder into a single system to optimise hydrodynamic efficiency. A special hubcap is fitted to the propeller which streamlines the flow onto a bulb that is added to the rudder, effectively reducing flow separation immediately after the propeller. The result is an increase in propeller thrust as previously wasted energy is recovered from the flow. The addition of the bulb on the rudder also streamlines the flow aft of the rudder, further reducing drag. A twisted rudder provides further improvements in efficiency and manoeuvrability.

Improved propulsive efficiency

In general the efficiency gain is between 3-8% for single screw vessels and 2-6% for twin screw vessels with FP or CP propellers. Virtually any vessel will benefit. The position of the rudder in the slipstream and the skeg design can deliver further improvements. Designs are extensively tested and verified in the Rolls-Royce Hydrodynamic Research Centre. Comparison tests with conventional propeller/rudder systems are shown in the graph below.

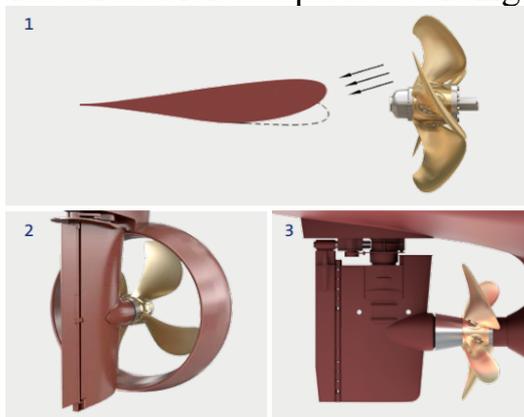


Promas with nozzle

For efficient high bollard pull applications A natural evolution of the successful Promas, this system unites a new type of nozzle with an optimised propeller, hubcap, rudder bulb and a special rudder profile developed to provide very high steering forces yet minimise drag. It meets the requirements for large pulling power at low speed with a high free-running speed in transit. Components are designed to work together in a ducted system, maximising efficiency and minimising disturbances in the water flow both through and around the nozzle. Developed through CFD testing and analysis, the nozzle is a major advance on the profile used in conventional nozzle propeller installations. In a typical anchorhandler propulsion system it will reduce fuel consumption in transit by 15% or more, and improve bollard pull by around 5%. Depending on the exact requirements the rudder may be either a one-

piece design or a medium flap type. Promas Lite Improving propulsive efficiency is the key in reducing fuel burn, and this simple modification allows vessels already in service to benefit from Promas efficiency gains. There are three areas of modification – welding a prefabricated bulb to the existing rudder, bolting a hubcap to the propeller, and fitting a new propeller or reblading the original. Installation is normally 7-10 days and the payback time can be under 2 years.

1. The leading edge of the twisted rudder is adapted according to the inflow angle



from the propeller slipstream.

2. Rudders of a special profile have been developed to provide high steering side forces with minimum drag, either of a one piece or medium flap-type design.

3. The Promas Lite modification allows vessels already in service to benefit from Promas efficiency gains.

УДК 629.5.061.16:658.589

Bilozer Aramais, Kolomiichenko L.A.
National University “Odessa Maritime Academy”

Matthew Pickett. How to stay motivated at sea

Matthew Pickett is one of a new generation of seafarers that have secured a space on the marine career ladder. He lives in small village just outside Guildford in Surrey (the country in the southeastern of England). He graduated Warsash Maritime Academy in two thousand fourteen. Then he received OOW license (an officer of the watch) and a month later he was offered a position on a board the world’s largest cruise ship Oasis of the Seas .

He was working hard and got positive feedback from vessels he has trained on aided his application. After that he was recommended to join the start-up team for newest vessel Anthem of the Seas; And here is something Matthew said about his job. What does your current job entail on a daily basis and that are the aspects of it that you find the most interesting ? The best part of the job is that every day is different. For sure every job has it pros and cons and there are definitely challenges working on the ship. Is there anything you wish you had known when you were starting out on your career ? Is there some advice you could give to newcomers they ought to know.

Long periods away from can be difficult at times. Being away from your loved ones, being away from your friends is never particularly easy, and during special oc-

casions, family celebrations and so on , you can find yourself missing home quite often. Also ship is never sleep – it is in operation 24 hours a day, 365 days a year. That means no days off. And while I’m away, I work 10-12 hours a day, seven days a week. This can be exhausting and it is not something to be taken lightly. So, the best advice is to work hard, study as much as it possible and maintain a high level of positivity. So, from that point, from that position I have decided to myself to find some inspiration for me as a seaman. I have never been in sea before, and all I could do is to read articles and to mark some advices I found out will be important to remember in my voyage. So here you go. Exercise – Almost everyone know that exercising is the best way to beat stress and stay motivated. Now before you dismiss this point by saying that you do not have enough time to exercise, we clarify that by exercising, we do not mean that one needs to spend hours at the ship’s gym. Exercise could be anything that makes you sweat outside of work. A quick 20 minute run on the treadmill could do the trick for some while pumping iron for 30 minutes could work too. Even a quick 10 minutes push-ups work out can have a great affect.

Read a Book– The second most common view held by seafarers in beating stress was Reading. With the advent of laptops, smartphones and internet, you barely find seafarers reading books these days. Even the ship’s library which in the earlier days was full of books is now full of DVDs or glossy magazines at the best.

Listen to Music – Now who would argue that music can help you relax. Often described as the elixir of life, there is music for every kind of mood.

Listen any music you want.

Write a Journal – For some people, putting their thoughts on paper can be a great way to unwind and relax. Quick notes on your daily activity should not take more than a few minutes.

Make friends on board: Seafarers share a unique relationship with the people they work with – they also live with the same people. It is in your best interest to have friendly relations with everyone on board.

Communicate with your family: “For where your treasure is there your heart will be also” Make it a point to get in touch with your family at least once during the day by whatever means possible – It could be a quick telephone call or a short email. This daily ritual of connecting with your loved ones can go a long way in keeping your mind at peace.

Do not let yourself to be faint or upset to much time. Let yourself enjoy your voyage and opportunity to be at sea and work with people.

Try to be concentrate at what you do. Find some love at that and be aware that you are part of a team and your work is really important.

Eat Healthy Food – Watch your diet. Do not eat detrimental food and extra calories. Eating healthy food will help you to feel yourself good and healthy.

Watch good movies and Documentaries: Watching movies is a great way to relax and unwind your mind. Watch some movie you believe will bring you good and happy feelings. Nevertheless do not let it become the only way you spend your free time. Carry good movies with some sense that could teach and open something new for you.

Build up on your hobbies: A lot of us think that when we are out at sea, we should not indulge in hobbies that we like. But, it is in fact the other way round. *Do what your heart pleases.* Some people like writing while some others prefer cooking. Some people like to play in games, some people like to dance. Do not hold yourself back on doing anything that you like. Do not lose yourself.

Always believe in who you are and appreciate everything you have!

УДК 621.431.74-1853

Бондарь Р. В.

Малооборотные двигатели «Зульцер РТ-Флекс»

Sulzer rt-flex low speed engines

Innovation with confidence

The major steps in marine diesel technology have been few: the two-stroke engine cycle in about 1905, airless fuel injection in the 1930s, welded construction in the late 1940s, exhaust-gas turbocharging and the use of heavy fuel oil both in the 1950s, and ‘superlongstrokes’ in the 1980s. Each opened new possibilities for future development. Now we have another major step - electronically-controlled common-rail fuel injection - introduced in SULZER® RT-flex engines. Although common-rail fuel injection is itself not new, the addition of integral electronic control allows full use to be made of the flexibility given by common-rail injection. This makes Sulzer RT-flex engines the most advanced low-speed marine engines available in the world today. Development of the Sulzer RT-flex system began in 1993, and it was applied to a full-scale research engine in 1998. The first series-built engine, a Sulzer 6RT-flex58T-B of 11,275 kW, entered service in September 2001. The system has since been extended to engines from 500 to 960 mm cylinder bore. Benefits of Sulzer RT-flex engines Sulzer RT-flex engines have distinct benefits for shipowners.

Smokeless operation

A clearly visible benefit is smokeless operation at all ship speeds. The superior combustion performance with the common-rail system is achieved by maintaining the fuel injection pressure at the optimum level right across the engine speed range. In addition, the selective shut-off of single injectors and an optimised exhaust valve timing help to keep smoke emissions below the visible limit at very low speeds. Sulzer RT-flex engines also comply more easily with the NOX emission limit in Annex VI of the MARPOL 73/78 convention, with the best possible trade-off between fuel consumption and NOX emissions at all loads.

Reduced running costs

Reduced running costs of Sulzer RT-flex engines come from reduced maintenance requirements and a lower part-load fuel consumption. Maintenance costs become more predictable through better balanced operation and better retention of engine settings over many running hours. Excellent balance in power developed between the different engine cylinders and from cycle to cycle is provided by the common-rail system with its volumetric control. As engine settings are made electronically, the ‘as-new’ settings are retained so that engine performance such as fuel

consumption does not deteriorate over time. The better running of the engine will also make for better prediction of maintenance timing and allows times between overhauls to be extended.

Lower running speeds

Precise control of injection, high injection pressures at low speed, and the sequential shut-off of injectors combine to give steady running at very low running speeds without smoking, down to 10-12% of nominal speed.

High reliability and redundancy

Particular attention has been given to making the RT-flex system reliable. The common-rail system concept also has inherent redundancy, adding to reliability and safety. Redundancy is built in through multiple fuel and servo oil pumps, together with duplicated high-pressure fuel and servo-oil delivery pipes, and electronic systems. The multiple pumps have adequate redundancy for the engine to deliver full power with at least one fuel pump and one servo oil pump out of action, and only a proportional reduction in power should further pumps be out of action.

Key elements of the Sulzer RT-flex

World's biggest common rail

The Sulzer RT-flex concept brings common-rail fuel injection to the modern, large diesel engine. Current jerk-type fuel injection systems combine pressure generation, timing and metering in the injection pump with only limited flexibility to influence the variables. In contrast, the common-rail system separates the functions and gives far more flexibility. It has the distinctive features of precise volumetric fuel injection control, variable injection rate shaping, and free selection of injection pressure.

Well-proven fuel pumps

It employs high-efficiency fuel pumps based on the well-proven design of injection pumps used in Sulzer medium-speed engines. They run on multi-lobe cams to deliver adequate quantities of fuel to the common rail at the usual high pressure ready for injection. The common rail is, in effect, a manifold running the length of the engine just below the cylinder cover level. It provides a certain storage volume for the fuel oil, and has provision for damping dynamic pressure waves.

Electronic injection control

Fuel is delivered from the common rail through injection control units to standard fuel injection valves. The control unit for each engine cylinder regulates the timing of fuel injection, provides control of the volume of fuel injected, and sets the shape of the injection pattern. The three fuel injection valves in the respective cylinder cover are independently controlled so that they may be programmed to operate separately or in unison as necessary.

Ideal for heavy fuel oil

Sulzer RT-flex system is purpose-built for operation on standard grades of heavy fuel oil. For this reason, it incorporates certain design features not seen in other common-rail engines using middle-distillate diesel oils.

Exhaust valve actuation and servo oil systems

The Sulzer RT-flex system also includes exhaust valve actuation and starting air control. The exhaust valves are operated in much the same way as in existing Sulzer

RTA engines with a hydraulic pushrod but with the actuating energy now coming from a servo oil rail at 200 bar pressure. The servo oil is supplied by high-pressure hydraulic pumps driven from the same gear drive as the fuel pumps. The electronically-controlled actuating unit for each cylinder gives full flexibility for valve opening and closing patterns. This unit utilises exactly the same rail valves as are used for controlling fuel injection.

Ease of installation

Although RT-flex engines can be called revolutionary, they are fully compatible with the RTA engines in relation to engine room installation and shipboard operation. This means that the main outline dimensions, foundations, key engine parameters, integration in ship automation and other interfaces of the RT-flex engines are identical with those of the corresponding RTA engines. It should also be noted that at heart the RT-flex engines have the same structure, running gear and processes as the existing RTA-series engines. In addition, vital parts such as the fuel injectors and exhaust valves of the RT-flex are fully compatible with those of RTA engines.

Flexible possibilities for future development

The Sulzer RT-flex concept provides the fully operational basis for a wide future development.

Many improvements will be possible simply by software developments and thus could be easily retrofitted to existing RT-flex engines without hardware changes. For example new patterns of fuel injection and exhaust valve operation could be introduced to optimise engine running for special ‘modes’ with priority given to lower NOX emissions, lower fuel consumption, or greater waste heat recovery. It would thus be possible for ships’ engineers to select their preference for their engine’s operating criteria to suit their ship’s prevailing requirements. Another possibility is for future RT-flex engines to monitor their own condition and adjust key parameters automatically for the best engine performance. Many of the necessary condition monitoring systems are already in service with Sulzer diesel engines.

УДК 621.431.74-1853

Vovkovich S., Kolomiichenko L.A.
National University “Odessa Maritime Academy”

Automation and control

I’m studying at Automation faculty where we familiarize with principles of automation of various marine systems.

The field of automation and control is immense. There are many different ways of achieving the effects required by the operator of marine systems and the main reasons for development of automatic control are connected with either economy or human factors. In my presentation I would like to give an overview of automation and control in marine environment.

The Control system

The control system is an arrangement of elements or devices, such as sensors, amplifiers, converters, actuators and so on. These devices are interconnected to

maintain or to affect in a prescribed manner, some condition of a body, process or machine which forms part of a system.

Within the environment of a marine plant there are many parameters which need to be controlled: temperature; pressure; level; flow; viscosity; speed; torque; voltage; current; ,machinery status(on/off); equipment status (open/closed).

There are many different media for control, and most common on ships are: a) Mechanical (using shafts, gears and wires); b) hydraulic (using special hydraulic oils); c) pneumatic (using low pressure compressed air); d) electrical (using electric motors and relays); e) electronic (using computers and logic devices).

The Basic elements

Control systems consist of the following common essential components:

1. A *measuring device* which reacts to the machinery or process parameter to be controlled.
2. A *controller* which evaluates the deviation. It means the difference between the measured value and the desired value of the control condition and determines the output control signal.
3. An *actuator* or other similar final controlling element, which performs the necessary correcting action.

The marine automation and control system also includes :

The *fault finding system*. This system is used when a control system has been set up and adjusted in accordance with the manufacturer's instructions and has operated satisfactorily for some time any subsequent deterioration in performance needs to be investigated very carefully before any actions are taken.

The *monitoring system*. This system is used to replace the human operator, who would normally carry out the role of monitoring any operation, automatic monitoring systems must be introduced.

The *safety system*. Safety is of paramount importance in any control system. A safety system is a system which reduces dangers and risks of injury to personnel and damage to machinery. Any safety system should operate automatically to prevent endangering both personnel and machinery.

The *alarm system*. The alarm systems are associated with control and safety systems and are normally an integral part of monitoring system. The design must allow the alarm system to function independently of any control or safety system, where practical, so that the alarm system will still function if there is a fault in these other systems.

Nowadays, especially in unattended engine rooms, the monitoring system with its instruments must measure the variables and, through a control system, automatically alter the operating conditions to the required value in a precise manner. This must be done in a harsh environment under conditions of vibration, changing humidity and temperature, and with an atmosphere containing salt, oil and dust contamination.

At the end I would like to introduce you examples of typical safety systems:

- Machinery auto start-up (These systems are provided with a stand-by device which will automatically start in the event of the running device failing through a fault condition);

- Reduction of power (With this safety system the machinery output power is temporarily reduced to meet the prevailing conditions);
- Machinery shut-down (With the machinery shut-sown safety system the machinery is protected from critical conditions by shutting off the fuel supply or power supply thereby stopping the machinery);
- Bilge level detecting system (This system is fitted to provide warning when the contents of machinery space bilge wells has reached a predetermined level);
- Fire detection alarm systems(The fire detector indicator and alarm system must be situated in such a position that fire in the machinery spaces will not make it inoperative);
- Fall safe policies(Any control system should be designed to ‘fail safe’ . This means that if the control system has a failure, then the controlled equipment must fail to a condition so as not to cause an unsafe situation to arise, such as a mechanical or thermal overloads of machinery);

УДК 621.431.74-1853

Гринчук А.В.

Реализация интерактивного подхода в обучении иностранному языку как средство повышения эффективности образовательного процесса

В настоящее время одной из центральных проблем, стоящих перед высшей школой, является повышение качества подготовки специалиста. Для этого необходима реализация новых подходов в образовательном процессе.

К настоящему времени разработано множество всевозможных методик обучения иностранному языку, способствующих повышению эффективности указанного процесса. Большинство эффективных методик подразумевает взаимодействие (общение) учащегося с преподавателем либо учащихся друг с другом.

Современному преподавателю следует выбрать такие технологии обучения, при которых обучающиеся могут проявить не только интеллектуальную и познавательную активность, но и личностную социальную позицию, свою индивидуальность, выразить себя как субъект обучения.

В педагогической практике давно применяется термин «активные методы и формы обучения». Он объединяет группу педагогических технологий, достигающих высокого уровня активности учебной деятельности учащихся. В последнее время получил распространение ещё один термин – «интерактивное обучение».

Слово «интерактив» пришло к нам из английского от слова «interact». «Inter» — «взаимный», «act» — действовать.

Современные трактовки интерактивного подхода в обучении отражают такие его особенности как возможность реализовать индивидуальные способности студента, формировать активно-познавательную и мыслительную деятельность; усиливать мотивацию к изучению предмета; исключать монологическое

преподнесение учебного материала и дублирование информации; развивать коммуникативные компетенции студентов.

Интерактивное обучение — это, прежде всего, диалоговое обучение, в ходе которого осуществляется взаимодействие преподавателя и обучаемого. Суть интерактивного обучения состоит в том, что учебный процесс организован таким образом, что практически все студенты оказываются вовлеченными в процесс познания, они имеют возможность понимать и рефлексировать по поводу того, что они знают и думают. Совместная деятельность учащихся в процессе познания, освоения учебного материала означает, что каждый вносит свой особый индивидуальный вклад, идет обмен знаниями, идеями, способами деятельности. Для того, чтобы грамотно применять эти методы, современному преподавателю требуется знание различных методик группового взаимодействия, поскольку интерактивные методики обеспечивают взаимопонимание, взаимодействие, взаимообогащение. Интерактивные методы не заменяют лекционный материал, но способствуют его лучшему усвоению и формируют мнения, отношения, навыки поведения. На сегодняшний день в педагогике известно много различных интерактивных методов обучения: эвристическая беседа; метод дискуссии; «мозговая атака»; метод «круглого стола»; метод «деловой игры»; работа в микро-группах (малых группах); кейс-метод (разбор ситуаций); метод проектов. Выбор тех или иных интерактивных форм и методов определяется конкретными целями, которые преследуются на каждом этапе урока.

Интерактивное обучение одновременно решает несколько задач:

- развивает коммуникативные умения и навыки, помогает установлению эмоциональных контактов между учащимися;

- решает информационную задачу, поскольку обеспечивает учащихся необходимой информацией, без которой невозможно реализовывать совместную деятельность;

- развивает общие учебные умения и навыки (анализ, синтез, постановка целей и пр.), то есть обеспечивает решение обучающих задач;

Таким образом, интерактивные формы и методы наиболее соответствуют личностно - ориентированному подходу в обучении. Умелая организация взаимодействия учащихся на основе учебного материала может стать мощным фактором повышения эффективности учебной деятельности в целом.

Практика показывает, что интерактивные формы и методы можно применять на всех этапах урока. Совместная деятельность учащихся эффективна как для уроков формирования знаний и умений, так и для повторительно – обобщающих уроков. Она создает условия для формирования коммуникативной компетенции учащихся в различных видах речевой деятельности.

Таким образом, использование интерактивных форм и методов преподавания иностранного языка показывает, что их применение:

- дает возможность привить учащимся интерес к изучаемому языку;
- создает положительное отношение к его изучению;
- стимулирует самостоятельную речемыслительную деятельность;

- дает возможность более целенаправленно осуществить индивидуальный подход в обучении;
- повышает положительную мотивацию учения иностранного языка у учащихся.

Использование интерактивных методов в процессе обучения побуждает к постоянному творчеству, совершенствованию, изменению, профессиональному и личностному росту, развитию.

УДК 621.431.74-1853

Koldunov V., Koblik V.V.

How to Troubleshoot Faults in Shipboard Refrigeration Systems

Refrigeration is the cooling process of removing heat from a compartment or area and sending it to the atmosphere or any other cooling medium. In this article we see how to identify various faults and the causes and actions to be taken to overcome those problems.

Marine Refrigeration Systems

The objective of any refrigeration system is to collect heat from a low temperature area and move it to a high temperature area. Refrigerant is a substance that acts as a cooling agent by absorbing and giving off heat. Usually there are two types of refrigeration systems commonly encountered: namely the vapor compression cycle refrigeration system and the vapor absorption cycle refrigeration system. The most common system that is used on all ships is the vapor compression cycle refrigeration system.

Onboard ship refrigeration systems are used in the carriage of some liquefied gases and bulk chemicals, air conditioning for accommodations, to cool the bulk carbon dioxide for firefighting systems, to preserve perishable foodstuff during storage, and to preserve stores on ships like fish, meat, vegetables, and dairy products. It is required to maintain the temperature of the above items within desired limits throughout the voyage, so the refrigeration system will be running throughout the voyage ... which may lead to various problems during its operation. In this article let us see how to identify various faults in refrigeration systems, the causes for the faults, and the actions to be taken to troubleshoot those problems in refrigeration systems. Faults like under charging, over charging, air in the system, moisture in the system, and oil in the system will be discussed in this article

Undercharging of Refrigeration System

Indication:

- Compressor is running hot and performance of the compressor falls off due to high superheat temperature at the suction side of compressor.
- Suction and discharge pressure of the compressor is low.
- Large vapor bubbles in the liquid sight glass.
- Low gauge readings in the condenser.
- Ammeter reading for the compressor motor is lower than normal.

- Rise in room temperature which is to be cooled.
- Compressor is running for extended period of time.

Causes:

- Leakage of refrigerant at the shaft seal, flange couplings, valve gland etc.
- Expansion valve may be blocked at the strainer.
- Partial blockage of refrigerant at the filter or drier or evaporator may cause undercharging.

Action:

- Identify and rectify the leakage of refrigerant from the system.
- Clean the filter and drier.
- Charge the system with fresh refrigerant as required.

Overcharge of Refrigeration System

Indication:

- The liquid level in the condenser is too high (high condenser gauge reading). This will reduce the available condensing surface, with corresponding increase in the saturation temperature and pressure.
- High pressure switch of the refrigerant compressor activates and stops the compressor.
- The suction and the discharge pressures are high.

Causes:

- It may be due to the reason that excessive refrigerant has been charged in the system.
- Air in the system may also cause over charging indication.
- It may also be due to the formation of ice on the regulator.

Action:

- Remove the refrigerant from the system. This is done by connecting a cylinder to the liquid line charging valve, starting the compressor, and then operating the charging valve.
- Purge the air from the system and maintain effective cooling.
- Remove ice from the regulator by using any of the defrosting methods.

Moisture in the System

This normally comes with the ingress of air in the system. Moisture may freeze at the expansion valve, giving some of the indication of under charging. It will contribute to the corrosion in the system. It may cause lubrication problems and breakdown of the lubricating oil in the refrigerant compressor.

Action:

- Renew silica gel in case of minor moisture.
- Collect refrigerant and remove all air and moisture by vacuum pump if the amount is huge.

Air in the System

Indication:

- This may cause the refrigeration compressor to overheat, with a high discharge pressure and normal condensing temperature.
- There are possibilities of small air bubbles in the liquid sight glass of the condenser.

- Condensing pressure of the refrigerant in the condenser may be high.
- If there is excessive air, it may reduce the cooling capacity of the system, making the compressor to run for the extended period of time.
- It may cause the gauge pointer of the condenser to jump indefinitely.

Causes:

- During charging, air may enter in to the system.
- If Freon-12 is used air may leaks in to the suction line because the working pressure of the Freon-12 refrigerant is less than the atmospheric pressure.

Action:

- Air in the system can be removed by collecting the system gas in the condenser, leaving the condenser cooling water on and venting out the air from the top of the condenser because air will not be condensed in the condenser but remains on top of the condenser above the liquid refrigerant.
- Connect the collecting cylinder to the purging line of the condenser, open the valve, and collect air in the cylinder.
- After purging the air from the system don't forget to shut the purging valve.
- Check the level of the refrigerant in the system. If required, charge the system with fresh refrigerant.
- Restart the compressor with all safety precautions.

Oil in the Refrigeration System

Indication:

- Temperature is not dropping in the cold rooms as normal, due to fact that oil act as insulation in the evaporator.
- It may cause excessive frost on the suction line.
- Refrigerant compressor runs for the extended period of time.
- Lubricating oil level in the compressor will drop.
- Refrigerant level will fall if oil has caused blockage.

Causes:

- This may happen if the oil separator is not working properly.
- Oil may carry over from the compressor and may not come back to the compressor due to blockage in the system.
- Defective piston rings or worn out liner of the compressor may cause the oil to carry over along with the refrigerant.
- Compressor may take high capacity current during starting.

Action:

- Check the oil separator for proper functioning.
- Check the drier for proper cleaning and if its require cleaning clean it
- Evaporator coil should be drained to remove any trace of oil.
- If there is oil in the cooling coils, increase the condenser and evaporator temperature differentials and remove excess frost on the suction pipe.
- Heat pipes with blow torch.

Flooding of Refrigerant in the System

This is seen as liquid getting back to the suction of the refrigerant compressor. It may be due to a faulty or incorrectly adjusted expansion valve and also due to sole-

noid valve leakage. It may also result from overcharging of the refrigeration system. Flooding may lead to an iced up evaporator.

Operation of Ship's Refrigeration Plant

The compressor acting as a circulation pump for refrigerant has two safety cut-outs- Low pressure (LP) and High Pressure (HP) cut outs. When the pressure on the suction side drops below the set valve, the control unit stops the compressor and when the pressure on the discharge side shoots up, the compressor trips.

LP or low pressure cut out is controlled automatically i.e. when the suction pressure drops, the compressor stops and when the suction pressure rises again, the control system starts the compressor. HP or high pressure cut out is provided with manual re-set.

The hot compressed liquid is passed to a receiver through a condenser to cool it down. The receiver can be used to collect the refrigerant when any major repair work has to be performed.

The master solenoid is fitted after the receiver, which is controlled by the control unit. In case of sudden stoppage of compressor, the master solenoid also closes, avoiding the flooding of evaporator with refrigerant liquid.

The room or hold solenoid and thermostatic valve regulate the flow of the refrigerant in to the room to maintain the temperature of the room. For this, the expansion valve is controlled by a diaphragm movement due to the pressure variation which is operated by the bulb sensor filled with expandable fluid fitted at the evaporator outlet.

The thermostatic expansion valve supplies the correct amount of refrigerants to evaporators where the refrigerants takes up the heat from the room and boils off into vapours resulting in temperature drop for that room.

This is how temperature is maintained in the refrigeration plant of the ship.

УДК 621.125”713”

Maidanik I. V., Kravets G. B.

NATIONAL UNIVERSITY «ODESSA MARITIME ACADEMY»

Latest generation of steam propulsion

I. Introduction



Figure 1. The modern steam turbine

Propulsion market opportunities for steam turbines have been throttled over years and even their last bastion in LNG carriers is under threat from dual-fuel diesel engines. Despite its traditional strengths – proven reliability, operating simplicity and low maintenance costs – steam propulsion has suffered from comparatively low efficiency and therefore higher fuel consumption.

A fight back by two remaining designers and suppliers – Kawasaki Heavy Industries (KHI) and Mitsubishi Heavy Industries (MHI) - is armed by reheat technology to raise thermal efficiency and competitiveness. The most effective way in achieving it is to reheat steam from high pressure turbine stage exhaust and return it at higher temperature to the intermediate pressure turbine.

II. Kawasaki’s steam turbine development

Kawasaki was able to gain experience from developing its UR reheat-type turbine in the 1970s, installed on eight large tankers confirming the effectiveness and providing significant operational data. Kawasaki’s non-heat UA turbine, developed in 1997, also offered advances in efficiency and reliability over existing designs. Since that moment some 120 sets have been built, around 100 of which are in active service. Experience gained with both UR and UA types was applied in creating new URA reheat steam turbine, which promises further improvements in efficiency and reliability.

A debut for the URA reheat steam turbine has been earned from a 177,000 m³ Pacificmax-class vessel delivered at Kawasaki’s Sakaide yard.

III. The UST concept proposed by MHI

The ultra steam turbine (UST) is MHI’s high performance turbine based on the latest technology and which inherited a good basement and an operational practice from land-used installations. It consists of a high/intermediate pressure turbine, a low pressure turbine, a main condenser and a reduction gear unit located in a single casing and on a single shaft.

The steam flow cycle was modified, before entering intermediate pressure turbine steam passes to the reheater installed in the path of a boiler exhaust gases. A specified temperature is achieved using the reheat burner, which stops automatically in low steam flow conditions in order to prevent tubes failure. The method of controlling superheated steam temperature remained the same: after superheater steam partially passes to control desuperheater, located in the bottom of a boiler and is supplied to consumers such as turbo feed pump and turbo-generators.

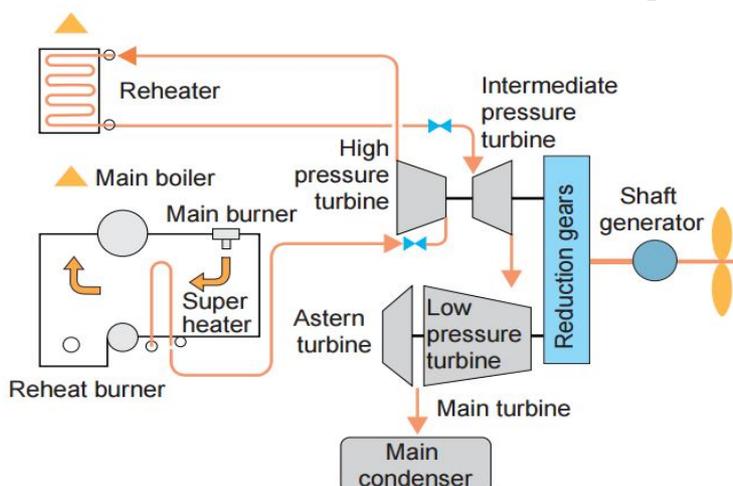


Figure 2. Steam flow diagram of reheat turbine.

controlling superheated steam temperature remained the same: after superheater steam partially passes to control desuperheater, located in the bottom of a boiler and is supplied to consumers such as turbo feed pump and turbo-generators.

IV. Detailed view on main changes and advantages.

In a concept proposed by

KHI, which is classical for a steam-powered vessels turbines are divided into a high/intermediate pressure turbine and LP/Astern turbine. Such segregation allows to avoid power loss in case if one turbine breakdown. Number of stages of LP turbine was increased from 8 to 10 what contributes to higher levels of efficiency. The main changes applied to boilers concerns selection of appropriate materials which are able to withstand higher steam pressure and temperature conditions.

In comparison to a conventional steam turbine the parameters of working medium were significantly increased to 560 C and pressure to 10-12 MPa. This resulted in use of a more compact turbine rotor turning at a higher rpm. Reductions in turbine's size and casing wall thickness led to a reduction of thermal stress and deformation.

Developers of steam turbine offer an increase in overall efficiency by 15%. A specific fuel oil consumption is claimed to be approx. 250 g/kWh, what is quite close to that of DF diesel-electric propulsion. Under normal sea going conditions in gas burning mode, SOx is not emitted at all from the propulsion plant, and the emission of NOx and CO2 from the steam turbine plant is the smallest of all propulsion plants. The emissions from both developed turbines are smaller than conventional steam turbine plants due to fuel saving.

In current concept, one shaft generator motor is located on the intermediate shaft. Under normal operation, the SGM is used as a generator to improve the plant efficiency. If the operator wants 100% MCR power when one re-heater is out of service, the SGM can be changed to assist motor mode. By this operation, the propulsion power will be recovered to 100% MCR.

Steam propulsion is widely used in LNG carriers. From all LNG fleet 71% of vessels are steam powered, and despite the paradigm shift it still holds 9 % percent in future order book.

V. Further perspectives of steam turbines.



Figure 3. The LP turbine last stages.

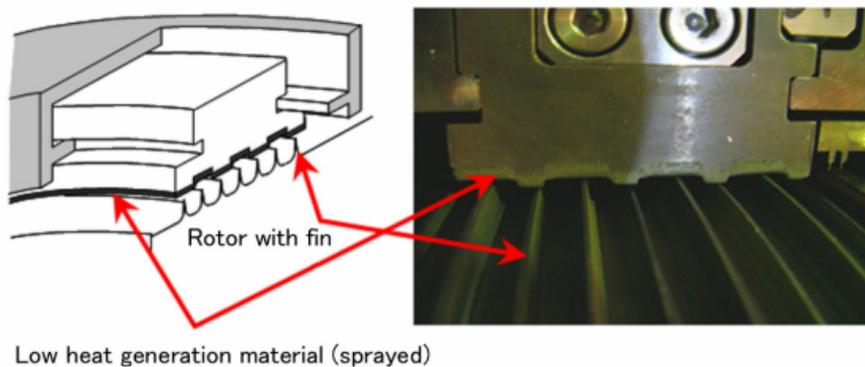
The steam turbine technology is still developing, further expectations concern improvement of steam conditions, temperature of which will be increased to 700 C, and total efficiency of a plant 46% or more is anticipated. The most important issue is development of Ni-based alloy material which can be used for turbine rotors. The allowable temperature limit for the adoption of current commercially available advanced 12% Cr steel is up to the 630 °C and the attainment of even higher steam temperatures requires the use of Ni-based alloy, which from other hand will cause a rise of the plant prices.

The low-pressure steam turbine last stage, the output burden of which is large, is one of the most important components in determining the performance and overall structure of a turbine. The lengthening of the last stage blades results in a reduc-

tion in exhaust loss and leads to the expansion of the single turbine capacity, contributing to the efficiency enhancement of steam turbines and to a reduction in the number of turbine casings that can make turbine buildings smaller and construction costs lower. At the same time, a turbine last stage can be said to be a compilation of a wide range of technologies extending over materials, performance, strength and vibration, and requires very high level technologies and accumulated operational data.

A reduction in leakage loss at the shaft seal is also one of the important performance

improvement measures of a steam turbine. For reducing clearance in rated operation as far as possible, an abradable seal that allows contact with the fin for minimizing the clearance and a leaf seal that comes into contact with the rotor when the rotor is stopping and becomes non-contact as a result of the slight lift of the leaf tip when the rotor is rotating were developed. An abradable seal reduces clearance in



rated operation due to the low heat generation sealing material with superior sliding characteristics sprayed onto the internal surface of the seal ring as shown in Figure 4, and suppresses heat generation from contact with the

Figure 4. Abradable seal.

fin end prevents shaft vibration.

VI. References:

1. Latest Technologies and Future Prospects for a New Steam Turbine, Mitsubishi Heavy Industries Technical Review Vol. 52 No. 2. (2015) pp. 39-46
2. Watanabe, E. et al., Development of New High Efficiency Steam Turbine, Mitsubishi Heavy Industries Technical Review Vol. 40 No. 4 (2003)
3. Nakamura, S. et al., Technical Development and Future Prospect of A-USC, Mitsubishi Juko Giho Vol.48 No.3 (2011) pp. 8-15
4. Fukuda, H. et al., Development of 3,600-rpm 50-inch/3,000-rpm 60-inch Ultra-long Exhaust End Blades, Mitsubishi Heavy Industries Technical Review Vol. 46 No. 2 (2009) pp. 18-25
5. E. E. Attah and R.W.G. Bucknall, Energy Use Onboard LNG Steam ships (2013).

Piliuk V., Koblik V.V.

2020 Sulphur Cap Implementation

In October 2016 during the 70th session of the IMO's Marine Environment Protection Committee (MEPC) where it was decided that as of 1 January 2020 ships will have to use fuel oil on board with a sulphur content of no more than 0.5 %.

In the lead up to the decision both the International Chamber of Shipping (ICS) and BIMCO (Baltic and International Maritime Council) warn IMO about economic impact (effect) of the mandatory use of low sulphur fuels. This standpoint largely centred around the fact that the cost of compliant low sulphur fuel alternatives would likely cost over 50% more than of HFO. ICS also issued the caution that if the global cap is implemented in 2020, and fuel cost stay at current low levels, a mandatory switch to low sulphur fuel would mean that bunker cost would return to their 2014 peak.

IMO provide 'Fuel Availability' investigation. This investigation concluded that there will be sufficient low sulphur fuel available to introduce the 0.5% fuel sulphur limit on 1st January 2020. But it didn't take into account the purchase price. So IMO decide there is no point to delay implementation beyond 2020, because it would be politically unacceptable.

Complains over fuel availability and pricing remain for many, however the regulation has been welcomed by others. Many shipowners have commended the IMO for its action on installing a global measure, in a timely fashion that permits a suitable timeframe for adaptation. During the November Tanker Shipping & Trade conference in London some shipping company comment this situation. BP Shipping stated that they welcomed sulphur cap timetable, saying that:

« Implementing a global 0.5 % sulphur cap on marine fuels in 2020 is technically and commercially feasible». Ferry operator Stena Line also welcome the 2020 global sulphur cap, saying that the regulation represents an improvement for people, planet and fair competition.

Whilst the Maersk Group say that the global sulphur regulation will help create a level playing field for the shipping industry.

When examining compliance options, it is important to remember that shipowners don't only have the one option of switching to low sulphur fuels alternatives to HFO and the associated fears of fuel availability. They can invest in alternative compliance mechanisms such as exhaust gas cleaning systems (scrubbers) or adapt ships for use of LNG fuel. Methanol, battery power and biofuels are also compliance options that will certainly make an enhanced contribution to ship propulsion in the lead up to, and beyond 2020, but their consumption will be a much less than those mentioned before.

Marine scrubbers are a technology that have been in development from 1991, and they will allow ship operators continued to use HFO post sulphur cap enforcement date in 2020. However, they come with \$ 1 million price tag, which remains to be understandably cost prohibitive for some. The official IMO investigation predicts

that in 2020 ships equipped with scrubbers will consume 36 million metric tonnes of HFO, or about 11% of total global demand. The investigation also says it is possible that the expected price difference between compliant fuel and HFO – for which demand will drop dramatically in 2020 – will cause more owners to install scrubbers ahead of the implementation date.

Whilst scrubbers installing was speed up in the lead up to the reduction in sulphur limits within ECAs in 2015, the reaction of carriers to fittings scrubbers to their vessels remain lukewarm in the wake up of 0.5% global sulphur cap decision. This isn't to say that no ships are being equipped with this technology, but some owners are delaying on action, whilst some are investing heavily in LNG-ready newbuildings.

LNG is an option that is specially attractive to shipowners due to its wide range of emission reducing capabilities. It emits no sulphur oxide (SOx) and virtually zero particulate matter, 90% less nitrogen oxides are formed and 20% CO₂, compared to the combustion of HFO. Industry coalition says that LNG is a good fuel choice for both ships operating in global trade lanes as well as emission control areas (ECA) where a 0.1% maximum sulphur content is permitted.

They present that there are already 86 LNG-fuelled ships in operation worldwide with a next 95 on order. IMO predicts that LNG will make-up about 4% of total global marine fuel consumption. Interest in LNG and demand from ship operators is rising and oil majors are making moves into LNG supply for marine fuel use due to interest being generated in the industry.

Ro-Ro giant Wallenius Wilhelmsen Line have been undertaking a progressive strategy over the past decade in preparation for such regulations. In 2004, they adopted a limit of 1.5% global average sulphur content in the fuel their ships consume. Now they have shifted to a policy of using fuel with less than 0.1% sulphur or equivalent globally

As of November 2016, Carnival Corporation had installed 146 scrubbers on 58 ships. Now with the incoming global sulphur cap, the company has also placed itself firmly in LNG camp. Alongside NYK Line created to speed up wide-spread adoption of LNG as a marine fuel. The cruise giant recently signed a contract with Shell Western LNG to supply liquefied natural gas to passenger cruise ship, making the first cruise ship in the world that will use this fuel to power their dual-fuel engines at port and at sea. The ships will start sailing using LNG in north-west Europe and the Mediterranean in 2019.

French containerships owner and operator CMA CGM also committed to LNG as the compliance option of choice. They manage economic and technical study on LNG for containership.

This heavyweight sulphur regulation putting pressure on shipowners and operators to invest in cleaner fuels and green technology. So shipowners are likely to go for the choices that offer the best combination of price, availability and safety. But whichever option they choose, the hard work to adapt ships start here and now. The 36 months countdown is on.

Формирование профессиональных компетенций у курсантов морского вуза средствами иностранного языка

Система высшего образования в динамично меняющемся мире должна формировать новые качества выпускника вуза – инновационность, инициативность, мобильность, гибкость, динамизм и конструктивность. Он должен обладать способностью к интеллектуальному, культурному и профессиональному саморазвитию и самосовершенствованию; к повышению своей квалификации и мастерства; работать в коллективе, руководить людьми и подчиняться; стремиться к достижению целей и критическому переосмыслению накопленного опыта, т.е. говоря современным языком, владеть определенным набором компетенций. Результаты освоения основной образовательной программы высшего образования определяются приобретаемыми выпускником компетенциями, т.е. его способностью применять знания, умения и личные качества в соответствии с задачами своей будущей профессиональной деятельности. Доминирующую роль в формировании заданных новыми образовательными стандартами компетенций играют образовательные технологии их формирования.

Иностранный (английский) язык ориентирован на развитие навыков практического владения иностранным языком, как разговорно-бытовой, так и специальной речью в письменной и устной форме для выполнения профессиональных обязанностей в соответствии с требованиями Конвенции ПДНВ с поправками, SOLAS. Конвенция предусматривает необходимость владения английским языком в письменной и устной форме, применение Стандартного морского словаря-разговорника и Стандартных фраз для общения на море. Согласно Конвенции от инженера-судомеханика требуется надлежащее знание английского языка.

Учитывая отсутствие времени на адаптацию к условиям работы на судне у будущего выпускника судомеханического факультета, курс английского языка призван обеспечить высокий уровень развития умений и навыков устного и письменного общения. Эта задача требует четкой координации работы на практических занятиях, в часы самоподготовки. Критерием практического владения иностранным языком является умение достаточно уверенно пользоваться наиболее употребительными и относительно простыми языковыми средствами в основных видах речевой деятельности: говорении, восприятии на слух (аудировании), чтении и письме. В речи допустимо наличие таких ошибок, которые не искажают смысла и не препятствуют пониманию. Практическое владение языком специальности предполагает умение самостоятельно работать со специальной литературой на иностранном языке с целью получения профессиональной информации.

В рамках дисциплин «Английский язык» и «Английский язык профессиональной направленности» в учебном процессе применяются специальные образовательные технологии. Отметим, что образовательные технологии рассматриваются как совокупность методов, приемов и средств, применяемых для

обучения речевой деятельности на любом иностранном языке. Рассмотрим более подробно каждую группу указанных методов.

К основным методам овладения курсантами английским языком относятся коммуникативно-когнитивный, аудиолингвальный, аудиовизуальный.

1. Коммуникативно-когнитивный метод обучения иностранным языкам, основан на коммуникативном подходе. Цель – формирование коммуникативной компетенции. Суть метода – практическая направленность обучения, функциональный подход к подбору и подаче языкового материала, ситуативно-тематическое представление учебного материала, изучение лексики и морфологии на синтаксической основе, концентрическое расположение учебного материала и выделение нескольких этапов обучения, учет родного языка учащихся. Применяются групповые и парные формы работы. Роль курсанта – речемыслительная активность, индивидуализация обучения речевой деятельности с учетом личности курсанта. Роль преподавателя – стимулировать коммуникацию, предупреждать, устранять языковые ошибки.

2. Аудиолингвальный метод обучения иностранному языку. Цель – интенсивное обучение устной речи (аудированию и говорению) на иностранном языке. Суть метода – многократное прослушивание, воспроизведение вслед за диктором строго отобранных типовых предложений и развитие по аналогии на их основе механизма порождения новых предложений. Учебный материал организован на основе грамматического принципа: грамматические структуры расположены по степени нарастания трудности и вводятся в диалогах. Лексика изучается в контексте диалогов. Типичная последовательность введения изучаемого материала: слушание, говорение, чтение, письмо. Осуществляется отбор аудио/видео материала, фрагментов, отражающих основные ситуации общения. Роль курсанта – формирование правильного произношения, доведение до автоматизма навыков употребления изученных типовых структур в различных ситуациях общения. Роль преподавателя – формирование у курсантов правильного произношения, предупреждение и устранение ошибок.

3. Аудиовизуальный метод обучения иностранному языку основан на одновременном слуховом и зрительном восприятии учебного материала за счет применения разнообразных технических средств обучения. Цель – обучение устной речи (аудированию и говорению) на иностранном языке путем создания искусственной иноязычной среды в процессе прослушивания или просмотра аутентичного материала на иностранном языке.

Инновационными методами овладения курсантами английским языком выступают интерактивные образовательные технологии без использования технических средств, интерактивные образовательные технологии с использованием технических средств, информационно-коммуникационные технологии.

1. Интерактивные образовательные технологии без использования технических средств включают: полилог (возможность каждого участника иметь и высказывать собственную точку зрения); диалог (восприятие курсантами себя как равных партнеров); технология развития критического мышления (ориентирована на развитие разносторонней критически мыслящей личности); технология проектов (моделирование социального взаимодействия). В курсе ино-

странного языка проектная технология формирует у учащихся навыки исследовательской работы: поиск информации (работа со справочной литературой, словарями, Интернет-сетью), и обработка полученных данных и др.); игровая технология.

2. Интерактивные образовательные технологии с использованием технических средств включают: технологию модульного обучения; технология тестирования.

3. Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), которые в международной практике получили название E-Learning. Могут применяться две группы ИКТ: технологии использования компьютерных программ и Интернет – технологии.

Эффективными методами являются составление диалогов по заданным ситуациям, лексико-грамматический тест, ролевая игра, аудирование фрагмента фонограммы.

При организации самостоятельной работы курсантов наиболее популярными выступают знакомство с терминологией по теме, чтение и перевод текстов, выполнение упражнений на знание грамматических конструкций, составление монологических высказываний и диалогов по заданным ситуациям, подготовка презентаций. При обзорном повторении пройденного лексического и грамматического материала – подготовка к лексико-грамматическому тесту, выполнение компьютерных программ, чтение и перевод текстов.

Основная роль на занятиях по английскому языку у курсантов морского вуза отводится практическим занятиям, которые посвящены в основном речевым и творческим упражнениям, активизирующим навыки устной речи, а также проверке самостоятельной работы курсантов по чтению и письму. В целом квинтэссенцию учебного процесса по английскому языку в морском вузе составляет модель смешанного обучения, ориентированная на оптимальную интеграцию традиционных методов и новых образовательных технологий с целью формирования у курсантов базовых языковых (лексических и грамматических) умений и развития навыков во всех видах речевой деятельности. Выбор методов и образовательных технологий обусловлен необходимостью обеспечения требуемого качества обучения и формирования у курсантов профессиональных компетенций, необходимых для осуществления межличностного командного сотрудничества и коммуникации в поликультурных условиях.

УДК 811.111:378.147:81.111

Litikova O.I.

Kherson State Maritime Academy

Communicative Method of Maritime Engineering English Teaching Peculiarities

Not always getting of educational certificates by maritime institutions graduates – future seafarers – guarantee availability of correspondent to their occupation professional skills. These skills are of utmost importance to ensure safe running of the

ship equipment and survival at sea. Otherwise, lack of critical competencies leads to unintentional carelessness and even criminal negligence on the working place and the consequences may range from ridiculous to striking.

To enhance sufficient professional training of future seafarers in 2013 in KSMA was provided besides communicative learning of English also a competency-based approach.

So the intent of my report (paper) is to encourage the use of well proven communicative method of teaching maritime English in a competency-based learning environment. This hopefully will give cadets the chance to develop and form not only communicative skills in listening, speaking, reading and writing in professional sphere but also will facilitate the formation of important professional skills by means of English language.

Considering competency-based learning as a process of learning, developing and forming of concrete skills unlike to abstract learning, it's necessary to underline its extremely fine grained nature. It means learners move gradually from one mastered competence to the next in order to gain a larger learning goal. And to each competence corresponds to a certain necessary set of individual skills, which together constitute a common learning outcome.

For example, people learning to drive manual transmission, might first have to demonstrate their mastery of such competences, as rules of the road, safety, defensive driving, parallel parking. Based on these competences, manual transmission competence will be focused on the following independent skills: using the clutch, brake with right foot, shifting up and down, over-arching (from full stop to a slow roll, followed by sudden stops, shifting up and down). Besides, the learner would repeat each action a few times until they can demonstrate their mastery. It is important to understand that this learning methodology is common in many skills-based fields and learning environments.

Attentive viewing of STCW Code (1995) and STCW Manila amendments (2010) reveals the same graduated manner of seafarers Maritime Engineers competency-based training for different ranks beginning from ratings and ending with the chief engineer of a ship. First of all, professional training of marine engineering personnel is accomplished on three levels: the 1st is the support level (ratings, wipers, oilers, fitters, the 2nd and 1st class motormen, forming part of engineering watch); the 2nd operational level (officers in charge of an engineering watch in a manned or periodically unmanned engine room) and the 3rd management level (chief engineers and 2nd engineers on ships with main propulsion machinery of 3000kw propulsion power or more). Gaining of each professional level is ensured by learners in course of gradual mastering of certain number of competences: 13 – on the support level; 17 – on the operational level; 14 – on the management level. Besides, mastering of each competence must be confirmed by the availability of formed learning outcome in form of correspondent individual skills. Further this student may be permitted to proceed with higher learning and still be missing some skills that are crucial to that higher level.

Up to STCW in process of Maritime Engineering English learning succession of competences on the highest management level shows that mastery of the last compe-

tence – use of leadership and managerial skills – becomes possible as the result of gaining of communicative competences sufficient for doing the following actions: 1/ managing the operation of propulsion plant machinery; 2/ operations of planning and scheduling; 3/ assessment and maintaining safety of propulsion plant and auxiliary machinery; 4/ managing fuel lubrication and ballast operations; 5/ managing operation and troubleshooting of electrical and electronic control equipment; 6/ managing safe and effective maintenance and repair procedures; 7/ detection and identification the causes of machinery malfunctions and faults correction; 8/ management of measures to ensure safety of life at sea, security, marine environment protection; 9/ maintaining life-saving, fire-fighting and other safety systems. And certainly this last competence of “leadership and managerial skills” has its own learning outcome in the form of individual communicative skills set, among which are the following: 1) planning and coordination; 2) personal assignment; 3) time and resource management; 4) prioritization; 5) effective communication; 6) situation and risk assessment; 7) assertiveness and leadership; 8) ability to select course of actions [3].

Accordingly to STCW Code all skills of marine engineers independently on their rank must be accomplished by means of the working language of mixed crews – English language. The IMO acknowledged communicative method the only suitable for a competency-based teaching of English language in 2000 already. In that year there was published and launched into learning the International Model Course 3.17 for seafarers which is based on principals of communicative method.

There are some explanations why this very method was acknowledged as well for Maritime Engineering English language learning.

There is a common for some practicing teachers (S.Tomniac [2011], P. Trenkner [2010], A.Gabrielli [2012]) consideration that “Engineering Maritime English is a symbiosis between language, communication and alligator spanner wrench” [1, 2]. This subject demands from learner accumulation and elaboration a plenty of linguistic, communication and technical knowledge.

On a certain stage it becomes impossible to accumulate details without their re-arrangement; a learner will be unable to move further if does not deny the previous knowledge model in favor of its new structure and content. If we introduce new pieces of learning information as different shapes we will understand that only their displacement makes process of information accumulation progressive and able to develop.

If we use traditional learning with just thoughtless plain reading of professionally oriented texts and doing homogeneous exercises for linguistic competence formation, this method activates mostly the left half of learners’ brain, which is logical, verbal, linear, vertically analyzing, non-emotional and is occupied with details, and is responsible for knowledge deepening, without putting these details into order. But if we use communicative method with its motley interactive teaching techniques, the right side of the learners’ brain considerably activates during horizontal processing of information and putting all accumulated details in emotionally-spatial order with further synthesizing them in one big picture. Using interaction as both the means and

the goal of study, this method is focused on communicative competence with learning outcome in form of individual communicative skills.

Thus we see that communicative method is greatly contributing to maintain self-extending system of Maritime Engineering English learners' linguistic and technical knowledge, puts the most number of learning information details into spatial order, facilitates development of communicative skills of learners and graduated formation of Maritime Engineering professional competences.

LITERATURE

1. Cole C., Trenkner P. – Raising the Maritime English Bar: the STCW Manila Amendments and their impact on maritime English. Proceedings Maritime English Conference IMEC 22, 2010, Alexandria Arab Academy for Science, Technology and Maritime Transport. – P. 3 – 16.
2. Gabrielli A., Gabrielli C., Pahlm H. Engineering Maritime English: a symbiosis between language, communication and an alligator spanner wrench. – International Maritime English Conference IMEC 24, 2012, Yangon, Myanmar. – P. 41 – 52.
3. The Manila Amendments to the Seafarers' Training, Certification and Watchkeeping (STCW) Code. - STCW/CONF. 2/34. - 3 August 2010.- P. 104 – 107.

УДК 629.5.061.16:658.589

Podgorniy A., Kravets
National University "Odessa Maritime Academy"
Future of shipbuilding

Working with a material 10 times lighter than steel -- but 250 times stronger -- would be a dream come true for any engineer. Yet one Florida State University research group is working to develop real-world applications for just such a material.

Wang is widely acknowledged as a pioneer in the growing field of nanomaterials science. His main area of research, involving an extraordinary material known as "buckypaper,". His work is based on earlier work by Robert Curl Jr. and Richard E. Smalley, Rice researchers and Nobel Prize winners, who discovered that nanotubes would stick together when dispersed in a suspension and then passed filter through a fine mesh to yield a film. This film would be refined to become buckypaper.

Buckypaper is a thin sheet made from an aggregate of carbon nanotubes or carbon nanotube grid paper. The nanotubes are approximately 50,000 times thinner than a human hair. It is being studied and developed into applications by several research groups, showing promise as vehicle armor, personal armor, and next-generation electronics and displays.

Buckypaper owes its name to Buckminsterfullerene, or Carbon 60 -- a type of carbon molecule whose powerful atomic bonds make it twice as hard as a diamond. Sir Harold Kroto, now a professor and scientist with FSU's department of chemistry

and biochemistry, and two other scientists shared the 1996 Nobel Prize in Chemistry for their discovery of Buckminsterfullerene, nicknamed "buckyballs" for the molecules' spherical shape. Their discovery has led to a revolution in the fields of chemistry and materials science -- and directly contributed to the development of buckypaper.

Buckypaper on its own looks like a mere thin, filmy paper and looks very fragile. However, this unassuming new paper may revolutionize the face of automobiles, aircraft, and more in years to come.

The new paper is composed of intertwined carbon nanotubes. Thanks to nanotubes' excellent flexibility, it can bend like normal paper. Multiple sheets can be stacked for rigidity. However, unlike normal paper, it can be up to 500 times stronger than steel, its creators predict, while being a mere tenth of the weight.

Carbon nanotubes are one of those ubiquitous technologies. With production of nanotube sheets advancing rapidly, researchers are expanding their studies to include looking at using sheets of carbon nanotubes as a construction material.

Professor Wang says the key to the paper's super strength is the extremely high surface area of nanotube molecules. He states, "If you take a gram of nanotubes, just one gram, and if you unfold every tube into a graphite sheet, you can cover about two-thirds of a football field."

They're also hoping to use the material in electrodes in fuel cells, super capacitors and batteries.

"At FAC2T, our objective is to push the envelope to find out just how strong of a composite material we can make using buckypaper," Wang said. "In addition, we're focused on developing processes that will allow it to be mass-produced cheaply."

Among the possible uses for buckypaper that are being researched:

- Fire protection: covering material with a thin layer of buckypaper significantly improves its fire resistance due to the efficient reflection of heat by the dense, compact layer of carbon nanotubes or carbon fibers.
- If exposed to an electric charge, buckypaper could be used to illuminate computer and television screens. It could be more energy-efficient, lighter, and could allow for a more uniform level of brightness than current cathode ray tube (CRT) and liquid crystal display (LCD) technology.
- Since individual carbon nanotubes are one of the most thermally conductive materials known, buckypaper lends itself to the development of heat sinks that would allow computers and other electronic equipment to disperse heat more efficiently than is currently possible. This, in turn, could lead to even greater advances in electronic miniaturization.
- Films also could protect electronic circuits and devices within airplanes from electromagnetic interference, which can damage equipment and alter settings. Similarly, such films could allow military aircraft to shield their electromagnetic "signatures", which can be detected via radar.

- Buckypaper could act as a filter membrane to trap microparticles in air or fluid. Because the nanotubes in buckypaper are insoluble and can be functionalized with a variety of functional groups, they can selectively remove compounds or can act as a sensor.
- Produced in high enough quantities and at an economically viable price, buckypaper composites could serve as an effective armor plating.
- Buckypaper can be used to grow biological tissue, such as nerve cells. Buckypaper can be electrified or functionalized to encourage growth of specific types of cells.
- The Poisson's ratio for carbon nanotube buckypaper can be controlled and has exhibited auxetic behavior, capable of use as artificial muscles.

Comparing with the conventional shipbuilding material (i.e. steel), buckypaper is 1/10th the weight of steel but potentially 500 times stronger in strength and 2 times harder than diamond when its sheets are compiled to form a composite. The vessel built from this lighter material would require less fuel, hence increasing energy efficiency. It is corrosion resistant and flame retardant which could prevent fire on ships. A research has already been initiated for the use of buckypaper as a construction material of a future aeroplane. So, a similar trend can't be ruled out in case of shipbuilding.

Buckypaper has amazing potential in the world of design and construction. However, there is a significant barrier to the widespread use of high-strength paper - a very high cost. Researchers are working on ways to reduce production costs while expanding its capacity. Reduce the costs associated with the implementation of ideas on the use of nanotubes and increase their production - one of the most important challenges faced by scientists today.

Steels are the most common materials being used for shipbuilding. These steels are rather to meet strict requirements such as strength, flexibility, high manufacturability, weldability, and cost, reparability, etc. Steels used in the shipbuilding industry also need high cold-resistance, good welding characteristics and increased fracture strength.

Modern steel shipbuilding involves the fabrication of a complex steel structure, into which a wide range of ready-made equipment is fixed.

Shipbuilding traditionally uses structural steel plate to fabricate ship hulls. Modern steel plates have much higher tensile strengths than their predecessors, making them much better suited to the efficient construction of large capacity.

Every material has some benefits as well as flaws. Steel structures are susceptible to different environmental conditions.

Some of the major flaws are

- Maintenance cost of a steel structure is very high. Due to action of rust in steel, expensive paints are required to renew time to time. So that resistance against severe conditions increases.

- Steel has very small resistance against fire. Almost from 600-700C half of steel strength reduced.
- Steel cannot be mold in any direction you want. It can only be used in forms in which sections originally exists.
- If steel loses its ductility property, than chances of brittle fractures increase.

УДК 378.147

Savka O., Nikoulina E.L.
National University «Odessa Maritime Academy»

Engine room safety

If you ask yourself about why do accidents happen, the answer will be quite simple. It is all about dangerous and fast changing environment, variable standards of safety, split responsibility and human error.

Eye protector, respirator, ear protector, safety gloves hard helmet, high visibly jacket, safety boots and ID card are essential for surviving onboard.

As to prevent accidents, safety trainings must be kept every month or after the change of crew.

Engine Room and machinery spaces must be kept clean, tidy and as free as possible from oil/fuel stains or sources, all of which must be identified and eliminated.

To prevent fires, any possible source of uncontrollable heat must be protected, any fuel leakage must be cleaned up and the source identified and eliminated. The chief engineer is responsible for maintenance and operating condition of all fire-fighting equipment and lifesaving appliances except those which are assigned to the engine department.

Particular attention must be paid by all Engineer Officers to valves, thermometer pockets, pressure gauges and other elements which may work loose, on fuel and lube oil pressurized pipes, resulting in the spray of combustible liquid on hot surfaces. Specific attention to this potential hazard is required in unmanned engine rooms where they can remain undetected for long periods.

Oxygen and acetylene bottles must be stored outside the engine room and accommodation areas. They must not be stored together but kept apart and securely lashed. Lockers containing gas bottles must be properly identified.

The Chief Engineer must ensure that all checks and precautions to avoid electrical shocks are taken by the Electrical Engineer Officer. Naked, disconnected/worn wires or open electrical equipment are not allowed onboard. All electrical equipment must be protected and any potentially dangerous situations immediately reported to the Chief Engineer and rectified by the Engineer Officer.

All lifting equipment must be regularly tested according to the applicable rules and / or the maker's recommendations, under the supervision of the Chief Engineer who must maintain a record of the lifting equipment which is to include certification. Blocks, slings and similar equipment must be maintained in a good condition

and stored separately. Safe working loads must be clearly indicated in a permanent manner. Critical measuring instrumentation must be calibrated according to rules and maker's instructions.

As a final point, the Chief Engineer is to employ all available means in order to create a safety conscious and environmentally friendly atmosphere throughout the engine department. Such means include the holding of meetings, the viewing of training videos and the reading of Company manuals. All officers and ratings are to be encouraged to contribute to enhanced safety, and improved pollution prevention measures.

УДК:811.111.001.2:656.61

Качалов А.Н. , Богомолов О.С.
Национальный Университет «Одесская морская академия»

Modern ship power plants

Presentation

Using propulsion forces, ships are able to maneuver themselves in the water. Initially while there were limited number of ship propulsion systems, at present time there are several innovative ones a vessel can be fitted with.

Today the term “ship propulsion” does not just mean successful movement of the ship in the water. It also includes employment of the best mode of propulsion to ensure a better safety standard for the marine ecosystem along with cost efficiency.

The most popular power plants installed on board modern vessels are:

1. Diesel power plant
2. Gas turbine power plant
3. Steam turbine power plant
4. Combined power plant

All power plants must comply with certain requirements which may be established by classification societies, ship owners or marine conventions rules. So here are principal requirements for modern power plants:

They must:

1. be approved by classification societies
2. have as minimum as possible volume and weight
3. have low fuel consumption
4. easy maintenance and repair
5. work at heavy duty levels for long periods

Now, I would like to point out the features of each type of power plant I mentioned above:

Diesel Propulsion

[Diesel propulsion system](#) is the most commonly used marine propulsion system converting mechanical energy from thermal forces. Diesel propulsion systems are mainly used in almost all types of vessels along with small boats and recreational vessels. And it is used on 90% of ships.

Diesel engines can be classified as:

- slow-speed, medium-speed and high-speed engines depending on the number of revolutions per minute (rpm);
- 2 or 4 stroke-cycle engines depending on the number of piston strokes in a cycle;
- crosshead engines , when the pistons are connected to the crankshaft through a crosshead, this component is fitted between the piston rod and connecting rod;
- turbocharged engine, which is a means for increasing the engine power output by charging more air into the cylinders;

Now, some words about the main parts of diesel engines.

They are the following:

Bedplate and crankcase

Crankshaft and flywheel

Cylinder block and liners

Pistons and connecting rods

Cylinder heads and exhaust valves

Fueling system (high-pressure fuel pumps, the high-pressure pipelines and the fuel injectors)

This slide is a cross section of the cylinder block of 2 types of engine:

4-stroke cycle engine left-hand figure, and 2-stroke cycle engine on the right.

And the main physical processes occurring in the engine cylinder which are the following: fresh air intake, air compression, ignition and combustion followed by the power stroke and , finally, exhaust of gases

Gas turbine propulsion

For the shipping industry, the advantages of the gas turbine have always been eclipsed by the disadvantages. Principally the high fuel and initial cost have made it an unattractive option for ship owners. The largest consumers of the marine gas turbine has traditionally been the navies and military of the world. Recent developments in gas turbines technology, coupled with lower oil prices (of the late eighties and nineties) and profitability in certain markets as made ship owners reconsider the values of the marine gas turbine.

Steam turbine propulsion

In this type of propulsion plant the steam is supplied from the main boiler at high pressure. High temperature superheated steam flows into the high pressure turbine, (HP) expanding through the blades and flowing further into the low pressure turbine through a large bore insulated pipe. And after that the steam , now called exhaust steam gets into the condenser. And after that it will be processed to finally become feed water, now called make up water.

Combined power plants

This is a marine compound power plant, comprising gas and steam turbines. The steam turbine is driven by steam, generated by the heat from the exhaust gas . In

this way, some of the otherwise lost energy can be recovered and the specific fuel consumption of the plant can be decreased due to that. Large (land-based) electric power plants built using this combined cycle can reach conversion efficiencies of over 60%.

This plant differs from many other combined marine propulsion systems in that it is not intended to operate on one system alone. While this is possible, it will not operate efficiently this way, as with Combined diesel and gas systems when run solely on diesel engines. Especially this plant should not be confused with Combined steam and gas power plants, which employ traditional, oil-fired boilers for steam turbine propulsion for normal cruising, and supplement this with gas turbines for faster reaction times and higher speed.

УДК 378.147

Lipin D., Nikoulina E.L
National University «Odessa Maritime Academy»

Maritime Myths

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.

Матеріали науково-технічної конференції
" Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт",
23.03.2017 – 24.03.2017.
Частина I.

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