Міністерство освіти і науки України
Одеська національна морська академія

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

МАТЕРІАЛИ

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

24.03.2015 – 25.03.2015

Частина 2

Одеса – 2015

Матеріали науково-технічної конференції "Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт ", 24.03.2015 – 25.03.2015. Частина 2. – Одеса: ОНМА, 2015. – 237 с.

Матеріали публікуються згідно з поданими авторами оригіналами.

© Одеська національна морська академія, 2015

ЗМІСТ

МОРСЬКИЙ ТА РІЧКОВИЙ ФЛОТ: ЕКСПЛУАТАЦІЯ І РЕМОНТ 7

Антипа А.А., Онищенко О.А, Особенности ремонта электронного регулятора лабораторно-исследовательского стенда «MSE» 7

Занько О.М.,Небеснов В.В. Взаємозв'язок параметрів нестаціонарного режиму роботи суднових холодильних установок 9

Solodovnikov V.G. Cavitation treatment of fuels for Marine internal combustion engines 11

Стеценко П. С. Численный метод исследования динамики воздухоохладителя непосредственного испарения 17

Стеценко П. С., Логишев И. В. Особенности технической эксплуатации топливной системы высокого давления малооборотных дизелей 20

Удолатий В.Б. Необходимость совершенствования контроля содержания нефти в сбросе балластных и промывочных вод 25

Демидова Н.П. Влияние физико-химических показателей на эксплуатационные качества топлив 27

Донской В.Г. Инженерно – психологические факторы повышения надёжности эксплуатации судовых энергетических установок 32

Обертюр К.Л., Голиков В.В., Сафин И.В. Ситуационный метод управления событиями в эргатических транспортных системах 34

Разинкин Р.А. Система онлайн мониторинга температуры масла в мотылевых подшипниках 36

Харин В.М. Методика расчета нагрузочных характеристик рулевого устройства 38

Дрозд Е.В. Системный подход к оценке рабочих параметров судовых кранов 40

Стукаленко А.М. Анализ уравнительных устройств сдвоенных полиспастов 41

Пресняков А.Д.,. Русов В.В. Обеспечение технического обслуживания действующего лабораторного оборудования 45

Денисов В.Г., Тымкив А.В. Исследования работы датчика износа 50

Тымкив А.В., Денисов В.Г. Мониторинг энергетических потоков СЭУ современных судов 51

Сапига В.В., Логишев И.В. Методика расчета динамики судового валопровода на основе конечно-элементной модели 58

Бойко П.А. Учет пространственного перемещения спг в системе судно – терминал – судно 65

Кардаш В. П., Ефремов И. Н. Повышение долговечности судовых устройств 68

Козьминых Г.В. Анализ технологических условий при перевозке зерна морским транспортом 69
Смик В.А., Козьміних М.А. Байдак Ю.В. Термодинамічна модель випарника рефрижераторного контейнера і її вирішення 73
Козьминых Н.А., Василец Д.И. Определение путей повышения надежности судовых холодильных машин 75
Чепалис И.В., Козьминых Н.А. Анализ влияния теплопритоков в грузовые танки метановозов на изменение температуры сжиженного природного газа 79
Чепалис И.В., Козьминых Н.А. Влияние экономических и экологических факторов на выбор пропульсивного комплекса современного метановоза 82
Чепалис И.В. Анализ использования естественно испарившегося груза метановозов в качестве топлива для газодизельного электрического пропульсивного комплекса 86
Андрианов Д.В., Козьминых Н.А. Модели отказов судовых систем кондиционирования воздуха 91
Ромашко В.Н. Проблемы соответствия нормам выбросов SOx и NOx для судовладельцев и эксплуатационников 94
Кирис В. А. Пути решения проблемы водоснабжения танкеров 97
Бурдыкина Т. М., Ярошенко И. А. , Лебедев Б. В. Повышение надежности деталей СТС путем применения новых технологий в области сварки 99
Лебедев Б. В. Повышение надежности функционирования деталей СТС применением новых технологий ремонта 100
Молодцов Н.С. Разработка научно-технических основ обеспечения надежности сопряжений деталей СТС путем усовершенствования инженерии рабочих поверхностей, способов ремонта и смазывания 103
Богач В.М., Молодцов Н.С. Повышение эффективности смазывания сопряжений деталей ЦПГ МОД при их восстановлении и эксплуатации путем оптимизации инженерии их рабочих поверхностей 107
Шебанов А.Н.,Богач В.М. Обеспечение надежности эксплуатации систем смазывания судовых дизелей 112
Чернышенко А.И., Богач В.М. Особенности смазывания деталей ЦПГ судовых дизелей 119
Слободянюк И. М., Молодцов Н. С. Обеспечение надежности сопряжений цилиндропоршневой группы судовых дизелей типа MAN B&W 7S50MC при ремонте путем модифицирования их рабочих поверхностей различными методами 125
Магдюк А.В., Троянов А.А., Мельник А.А. Анализ условий работы и отказов распределительного вала судовых дизелей и разработка элементов технологии их восстановления 127

Черненко И.П. , Гарвалов Р.Я., Слободянюк И.М. Анализ дефектов и разработка технологии восстановления работоспособности сопряжений поршня с шатуном тронкового дизеля 132
Слободянюк Д. И. Колегаев М. А. Оптимизация смазки цилиндров МОД на основе идентификации технического состояния поршневых колец при прохождении продувочных окон 133
Дудник А.Е., Зуенко О.В., Журавлёв Ю.И. Анализ условий работы и основных дефектов вкладыша рамового подшипника судовых дизелей 135
Захариков О.В. , Белинский Р.Ю. , Журавлёв Ю.И., Молодцов Н.С. Анализ условий работы и основных дефектов сопряжений коленчатого вала и подшипников скольжения судовых дизелей и разработка элементов технологии их восстановления 137
Krivoshchekov V.E. An introduction to the methodology of “reliability centred maintenance (rcm)” 141
Журавлёв Ю.И., Молодцов Н.С. Обеспечение надежности коленчатого вала судового дизеля при восстановлении путем оптимизации инженерии поверхности рабочих поверхностей 143
Петров И.М. Роль и место сюрвейера в сервисных эргатических системах на морском транспорте 146
Виноградов Н.О., Тарапата В.В. Разработка феноменологической модели нагрузочной способности и модернизация экспериментальной базы для обеспечения массопереноса в подшипниках качения судовых технических средств 151
ІНЖЕНЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТА ПРОФЕСІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА МОРІ 154
Басанец Н.Г. Первопричина аварии в «человеческом факторе» 154
Даниленко Д. В. Организация действий и подготовка к ликвидации аварии групп входящих в состав аварийных партии на судах 158
Приходько К.О. Перспективи функціонального інноваційного менеджменту для забезпечення сталого розвитку безпеки експлуатації морських ресурсів судновими компаніями 162
Вороненко Г.А. Влияние эмоциональных состояний оператора на производственную деятельность 164
Деркач В.Г. Анализ понятия "несчастный случай". 166
Разлуцкий А.Н. Профессиональный отбор – шаг в сторону безопасности на море. 169
Коштаков В.Д., Коломейченко Г.Ю. Адаптационные изменения микробных ценозов одесского залива 171
Иванов А. И. Некоторые вопросы транспортировки морем сжиженного природного газа 173

Касилов Ю.И. Опасные миграции морских организмов в балластных водах 175
Парменова Д.Г. Анализ изменений в кодексе по уровням шума на судах 178
Голикова В.В. Психофизиологические аспекты экологической безопасности нефтеналивных судов 182
Крайнова В.И. Проблема балластных вод и пути ее решения 189
Мамкичев Н.А. Основные причины поражения экипажей газовозов в порту 193
Тарасенко Т.В. Дальнейшие шаги Комитета по защите морской среды IMO по улучшению показателей энергоэффективности в международном морском судоходстве 198
Копейка П.И., Чабан Е.Х. Гашение поверхностных морских волн полупроницаемыми горизонтальными экранами 200
Голиков В.А , Губский А.Г. Сценарный метод управления ситуациями при плавании в пиратских районах 202

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ 205

.Горб С.И., Каменева А.В. Серверная частЬ приложения для организации технического менеджмента судов 205
Будашко В.В., Нікольский В.В., Онищенко О.А., Хнюнін С.Г. Компенсація деградаційних ефектів під час взаємодії азимутального потоку з корпусом судна 207
Батынский А.И., Хнюнин С.Г. Необходимость усовершенствования использования системы дистанционного доступа в морском заочном образовании на базе статистики за 2011 - 2014 годы 210
Никольский В.В., Будашко В.В., Хнюнин С.Г., Раенко Н.Е. Система мониторинга позиционирования полупогружных плавучих буровых установок 213
Тарнаруцкий Д.К., Веретенник А.М. Формирования и распределения энергопотоков на борту транспортного плавсредства. 216
Макаренко Л.Н. Инновационные технологии в сфере улучшения кинематических характеристик устройств 221
Глазева О.В., Власов В.Б. Системы электродвижения судов: состояние и перспективы развития 223
Бушер В. В., Шестака А, И. Система управления электроприводами при совместной работе крановых механизмов 226
Казаков И.И., Никольский В.В. Особенности организации автоматизации технологических процессов на судах с модульной комплектацией энергетических установок 230
Дворецкий В.А. Алгоритм повышения эффективности автоматизации технического средства (РЛС) 233

УДК 629.56

Антипа А.А., д.т.н., проф. Онищенко О.А,
Одесская национальная морская академия

Особенности ремонта электронного регулятора лабораторно-исследовательского стенда «MSE»

Лабораторно-исследовательский стенд «Marine School Equipment», установленный в помещениях кафедры технической эксплуатации флота ОНМА, создан фирмой STL (Дания). Фирма STL – ведущий мировой производитель средств судовой автоматики, электроники и дополнительно специализируется в разработках нестандартного обучающего оборудования.

Лабораторно-исследовательский стенд «MSE» предназначен для изучения состава, назначения и принципа действия основных элементов систем автоматизированного управления (САУ) судовых главных двигателей (ГД), изучения типовых схемотехнический решений и алгоритмов управления ГД. Стенд позволяет изучение составных частей и функций САУ ГД на уровне «управление» подготовки курсантов. Стенд используется для обучения курсантов различных специальностей, а также для специалистов, проходящих курсы повышения квалификации.

В комплектацию стенда «Marine School Equipment» входят:

- пост управления ГД из рулевой рубки, который в полном объёме представлен средствами управления, контроля и сигнализации, используемыми на реальном судне;
- пост управления ГД из центрального поста управления (ЦПУ), в состав которого входит система дистанционного управления, построенная на пневматических элементах фирмы Westinghouse. Пост укомплектован всеми необходимыми средствами контроля и сигнализации режимов работы ГД;
- шкаф электронных блоков BMS-930 системы дистанционного автоматизированного управления (ДАУ), обеспечивающей автоматизированное управление ГД из рулевой рубки;
- механический регулятор скорости ГД Woodward PG-12;
- электронный регулятор скорости ГД типа EGS990;
- пульт преподавателя, с помощью которого можно имитировать аварийные режимы, сигналы защит и неисправностей всей системы;
- блок электронных карт, имитирующих действие штатной пускореверсивной системы и разгонные характеристики ГД.

При особой необходимости, с помощью основных узлов стенда можно изучать основы построения систем управления ГД с винтом регулируемого шага, регуляторов нагрузки, особенности построения САУ «дизель-генератором», настройку регуляторов типа UG-8 и др.

Опыт эксплуатации стенда показал, что методически наиболее эффективным является изучение его работы в следующей последовательности.

1. Состав и назначение стенда, взаимодействие составных частей. Мнемопанель – назначение элементов, приемы использования.

2. Регулятор скорости Woodward PG-12 – назначение и конструкция регулятора, входные-выходные характеристики и сигналы, виды ограничений, органы настройки, бустер, трубопроводы и др.

3. Пневматическая схема управления системой ДУ – стоп, пуск на воздухе, пуск на топливе и др.

4. Электронный регулятор скорости EGS990 – составные части, контуры регулирования скорости и положения исполнительного механизма, ограничительные характеристики, режимы работы регулятора и др.

5. Состав и назначение элементов системы ДАУ.

6. Условия формирования логических сигналов включения электромагнитных клапанов пуска, реверса, стопа. Следящая система задания скорости.

В ходе многолетней эксплуатации стенда вышел из строя дисковый электродвигатель МС-19Р электронного регулятора EGS990. В настоящее время заменить вышедший из строя электродвигатель МС-19Р не представляется возможным. Поэтому рассматриваются альтернативные решения по установке в регулятор электродвигателя аналогичного назначения российского производства – типа ДПУ200-550-3-Д41-09. В таблице приведены сравнительные технические характеристики указанных электродвигателей.

Параметр	ДПУ200-550	*МС*19*Р*
Напряжение, В	92	83
Мощность, Вт	550 [890]	1000 [1600]
Частота вращения, об/мин	3000	3000
Ток, А	7,4 [11,8]	14,4 [22,2]
Момент, Нм	1,7 [2,8]	3,2 [5,1]

Примечание. В квадратных скобках указаны значения параметров двигателей при их принудительном охлаждении воздухом с расходом 10 л/с.

Следует отметить, что максимальное напряжение, вырабатываемое электроприводом стенда для управления двигателем регулятора EGS990 равно 70 В, что составляет 75 % питающего напряжения двигателя ДПУ. Это означает, что максимальная скорость двигателя ДПУ будет также составлять 75 %. Кроме того, у двигателей ДПУ и МС19Р отличаются посадочные места и размеры приводного вала.

Тем не менее, анализ механической части (кинематики) регулятора стенда, принцип построения электронной системы управления (реверсивный электропривод на основе системы подчиненного регулирования координат)

и наличие полноценной документации позволяют предположить наличие принципиальных возможностей замены двигателя МС19Р на ДПУ200, при условии: а) некоторого снижения быстродействия системы регулирования; б) перенастройки регуляторов скорости и пути; в) снижении (ограничении) максимального тока электродвигателя ДПУ200 в переходных режимах.

УДК 621.565.044-047.37:629

Занько О.М.,Небеснов В.В.
Одесская национальная морская академия

Взаємозв'язок параметрів нестаціонарного режиму роботи суднових холодильних установок

Робота компресійних суднових холодильних установок (СХУ) відбувається на квазістаціонарних і нестаціонарних режимах. Це пояснюється змінністю способу керування холодопродуктивністю СХУ, умов охолоджуючого та навколишнього середовищ, нерівномірністю теплових навантажень, кількості та частоти вмикань компресорів, підключення приладів охолодження або споживачів та ін.. [1, 3]

Наведені збурюючі фактори, що викликають порушення стаціонарних режимів, зручно класифікувати, розділивши їх на дві групи: збурюючі діяння навколишнього середовища та збурюючі діяння всередині СХУ. [2]

До першої групи відносяться збурення, що виникають від нерівномірності теплових навантажень у зв'язку зі специфікою роботи морських суден з необмеженим районом плавання. Ці судна працюють в умовах постійної зміни температурно-вологісних характеристик атмосферного повітря, температури забортної води, сили і напрямку вітру, періодичності надходження вантажів на термообробку та ін..

Нестаціонарність режимів роботи елементів СХУ через зміну параметрів навколишнього середовища призводить до значних перевитрат енергії. Так перевищення теплових навантажень конденсатора зверхрозрахункових збільшує витрату електроенергії та зменшує холодопродуктивність компресорів.

Зміна режимів роботи випарників СХУ небажана і по іншим причинам. Поява великих теплових навантажень при швидкому їхньому збільшенні може викликати аварійну ситуацію, пов'язану з викидом холодоагенту у всмоктуючі магістралі. Якщо при цьому холодопродуктивність компресора недостатня, то відбудеться підвищення тиску кипіння і зменшення інтенсивності теплообміну, зменшення питомого теплового навантаження на апарати.

Друга група збурень тісно пов'язана з першою групою і є її похідною. Наприклад, зміна температури забортної води потягне за собою зміну робочих параметрів конденсатора. Це призведе до зміни заповнення випарника та, у свою чергу, до зміни величини перегріву пари. Зміна температури

перегрітої пари впливає на зміну режиму роботи компресора, конденсатора з боку пари, регенеративного теплообмінника і, відповідно, на зміну подачі хладона у випарник.

Наступний приклад. Урефрижераторному трюмі різко підвищилось теплове навантаження за рахунок додатково внесеного продукту. При цьому підвищиться температура кипіння агента у випарниках, що призведе до збільшення кількості циркулюючого агента через конденсатор. Вмиканням додаткового компресора наноситься збурення як на випарник, так і на конденсатор. По мірі зниження температури кипіння агента у випарниках відбувається відключення частини поверхні приладів охолодження (один із розповсюджених методів регулювання температури у трюмі). Однак при цьому наноситься збурення для всієї системи охолодження, тому що продуктивність компресорів стає зразу завищеною, що призведе до зниження температури кипіння хладону і т.д.

Розглянуті приклади свідчать про те, що СХУ являє собою комплекс окремих елементів тісно взаємопов'язаних між собою у замкнутій системі термодинамічного циклу. Тому порушення робочого режиму одного апарата призводить до порушення роботи всієї СХУ в цілому.

СХУ проектуються із урахуванням максимальних теплових навантажень, які характерні для літнього періоду експлуатації та тропічних плавань судна. При цьому режими роботи холодильної системи вважають стаціонарними. Однак у дійсності робочі параметри в силу вищенаведених причин постійно змінюються. При цьому змінюється режим роботи теплообмінних апаратів і холодопродуктивність компресорів. Це призводить до того, що СХУ практично весь час працює на перехідних (нерозрахункових) режимах, для яких характерні підвищені витрати електроенергії та погіршення режиму зберігання вантажу.[3]

У теперішній час СХУ частково або повністю автоматизовані. Прилади автоматики, що застосовують для регулювання СХУ, сконструйовані виходячи із умов стаціонарності процесів, що протікають у їхніх елементах. При ручному регулюванні обслуговуючий персонал може коректувати свої дії в процесі управління установкою у відповідності з особливостями перехідного режиму її роботи. Автоматичні системи регулювання можуть застосовуватись для управління роботою СХУ на різноманітних нерозрахункових режимах тільки при наявності динамічних характеристик її елементів, так як тільки перехідні процеси визначають поведінку об'єктів в робочих умовах і впливають на техніко-економічні показники систем. [2]

Відсутність задовільних даних про теплову динаміку теплообмінних апаратів СХУ є однієї із основних причин, що обмежує проектування та практичне застосування систем комплексної автоматизації СХУ. Аналіз вищенаведених факторів, що сприяють зміненню режимів роботи СХУ висуває вимогу щодо необхідності створення методики розрахунку СХУ на нерозрахункових режимах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Загоруйко В.О., Голіков О.А. Суднова холодильна техніка – Київ.: Наукова думка, 2002. – 576 с.
2. Ейдеюс А.И. Системы и средства автоматизации судовых холодильных установок. – М: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 190 с.
3. Константинов Л.И., Мельниченко Л.Г. Судовые холодильные установки – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 448с.

UDK 621.436.004

Solodovnikov V.G.
Odessa national maritime academy

Cavitation treatment of fuels for Marine internal combustion engines

Marine internal combustion engines are the most common type of heat engines used in marine and river vessels. Compared with other types of power plants (gas turbine and steam turbine) used to supply energy to the marine propulsion system, marine diesel engines are characterized by minimum fuel consumption per power unit (kg/kW□hour) and per path unit traversed by the ship (kg/mile). The most widely used are medium-speed diesel engines, used to transmit power over either screw or electric generator . In the first case, they serve as the main engines, in the second as the subsidiaries. It shall be noted that the main marine medium-speed diesel engines are used on ships with average displacement, having restrictions on the engine and boiler room size; while they are used as subsidiary (as a part to a ship's power plant) on all ships without exception.

Development trends of marine energy specifically is characterized by the use of high-viscosity fuels with a lower monetary value. The use of such fuels significantly reduces the acquisition cost, which share in total operating costs constitutes up to 80%. Viscosity of such fuels is within 380 sSt, and the cost is 450...600 USD/tonne depending on the bunkering location. The use of high-viscosity fuels in the marine energy, which began with boiler installations and spread over the crosshead diesel engines model, now is increasingly applied for medium-speed diesel engines. Moreover, current models of these diesel engines and their fuel system are designed specifically for the use with fuels with viscosity up to 380 sSt and sulphur impurities content of up to 3%. At the same time, sea and river fleet operate a sufficient number of earlier versions of diesel engines designed to run exclusively on low-viscosity fuel with sulphur content up to 0.05%. Conversion of these engines to run on high-viscosity sulphur fuels is reduced to the conversion of their fuel equipment. This results in better atomization and further fuel combustion, but does not prevent the phenomenon of sulphurous corrosion of the cylinder and piston assembly. The problems of fuel desulfurization are basically solved at the step of oil refining, thus the ships are

supplied with fuel, change in the structural composition of which is impossible in the marine environment.

The solution to the issue of reducing sulphur engine wear is now fully implemented for low speed diesel engines with separate cylinder lubrication system. At that, the thing remaining is to find an optimal ratio between the sulphur content in the fuel additive and the alkali content in the oil. For example, fuels with a sulphur content of up to 2% are shall use cylinder oil having a common alkaline index of 40...50 TBN (where TBN - Total Basic Number - the number of alkali milligrams per oil gram); for high-viscosity fuels containing up to 3% sulphur, TBN value shall be 70...80, and in some cases up to 100.

Marine medium-speed diesel engines have the general circulation lubrication system, and the use of oils with high alkali content is impractical in this case, both for economic reasons (due to their high cost) and because of their worst operating parameters (in particular less ability to resist normal loads). Therefore, medium-speed diesel engines have the only way to deal with the consequences of using sulphur fuel, which is additional treatment before it enters the cylinder, subsequently contributing to reduced sulphur wear. At that, it is necessary to consider that the solution to remove sulphur impurities from the fuel shall be complex, because any physical effects on the fuel leads to a change in nearly all its components.

One method of fuel treatment, facilitating reduction of the harmful effects of sulphur in the diesel engine cylinder assembly parts, is fuel cavitation treatment with ultrasound. These issues were considered and studied for a relatively low power engines used in road and rail transport, in addition, similar studies were carried out for fuels with sulphur content up to 1% [1]. Similar studies for marine energy, characterized by high aggregate capacity and battery life, are practically absent. In addition, when determining the relevance of such developments for fuel treatment systems of internal combustion marine engines, one should take into account the risk level of possible failures and complexity of the engineering works in the event of violating a healthy state of a node or an element of the engine. If the delivery of spare parts and their replacement in case of emergency for stationary engines can be accomplished in a few hours, then for marine engines such measures, taking into account the range and autonomy of the ship navigation, can reach several decades of days.

Thus, the introduction of a positive operating experience of additional fuel cavitation treatment systems can improve the reliability and efficiency of marine diesel engines.

To determine the ultrasonic cavitation fuel treatment effect on piston assemblies wear, as well as on the operational parameters of diesel engines, the laboratory researches were carried out, as well as researches directly in the operating conditions of marine diesel engines.

The purpose of the laboratory study was to determine the optimal frequency of the acoustic signal for treatment sulphur marine fuels, providing the greatest

dispersion of fuel and contributing to the maximum rupture of sulphur-carbon bonds in the fuel.

The studies of the cavitation fuel treatment effect on the performance of the marine engines were carried out for a medium-speed diesel engine S6A2 by "Mitsubishi". The main characteristics of diesel engines are as follows: rated power - 420 kW, crankshaft rpm - 750 rpm. These diesel engines in the amount of three pieces were part of the marine auxiliary power plant. Each diesel engine had its autonomous fuel system, which made it possible to conduct research for a particular diesel engine with fuel, which passed the different stages of treatment. The fuel system of one of the engines was not retrofitted and was operated in the "normal" mode. At that, the diesel engine was taken as a "reference" one. Fuel to the other two diesel engines was supplied after additional cavitation treatment, for which the fuel system of these diesel engines was retrofitted with ultrasonic cavitation treatment module. Fragment area for retrofitting diesel engines fuel system is shown in Fig. 1.

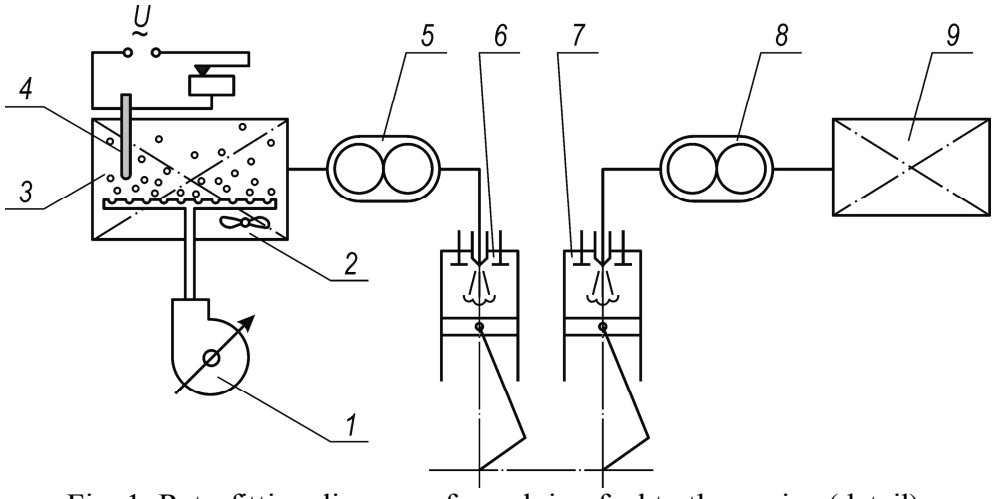


Fig. 1. Retrofitting diagram of supplying fuel to the engine (detail):
1 - air compressor; 2, 9 - fuel tanks; 3 - air line; 4 - ultrasonic installation;
5, 8 - fuel pumps; 6, 7 - engines

Engine 7 was the reference sample and was operated in "normal" mode, at that, fuel passing the standard preparation, was supplied by pump 8 from the tank 9. Engines 6 were "experimental samples". Fuel was pumped 5 from the tank 2 in which the fuel was exposed to ultrasonic waves generated by the UZDN-1 generator with magnetostrictive radiator. At the same time, to enhance the cavitation, additional airline 3 was constructed at the bottom of one of the tanks. The air compressor 1 provided air injection in the line. At that, the air bubbles entering the amount of fuel were an additional source of cavitation zones.

Ultrasonic installation 4 was operated in the mode I = 0.4 A using magnetostrictive transducer 22 kHz. These values were identified in previous laboratory studies and provided the best dispersed performance of the fuel [2]. Paddle mixer providing a uniformity of fuel throughout the volume, was installed in the fuel tank 2, in which the fuel passed the ultrasonic treatment. Fuel NFO380 was used for the experiments of diesel engines.

In order to ensure the equivalence of the experiment, their preliminary preparation for tests was carried out for all diesel engines. Operating conditions allowed 40 sequential hours of performing a full engine purge these diesel engines. At the same time, all diesel engines had piston assembly (pistons and piston rings) and the basic elements of the high-pressure fuel system (precision pairs of high-pressure fuel pump - plunger-bushing and injector needle-injector nozzle) replaced. In addition, before the start of the experiments, both engines were subject to control and regulation of the fuel equipment. At that, high-pressure fuel pumps were regulated by the same angle for advancing fuel supply and engines' injectors were tuned to the same pressure for the needle lift.

During the whole period of the experiment, operating time and operational stress on diesel engines were monitored. To achieve a uniform distribution of operation time, diesel engines were consistently put on stand-by mode. According to the technology of the experiment, the time difference for diesel engines operation, as well as the operational loads on the engines did not exceed 4%, which, given the energy-intensive facilities, allowed to consider their working conditions as identical. The engines were operated at the same fuel type. At that, the means of automatic control supported fuel viscosity constant throughout the experiment. The grade of circulating oil providing lubrication modes and its performance were identical throughout the experiment. These measures allowed supposing that the execution of the experiment took place in similar conditions.

The task of the study was to determine the wear of cylinder bushings and piston top ring for a "standard" fuel, and fuel subjected to the additional cavitation treatment.

Determination of cylinder bushing wear was made near of the top piston ring, because it is an area most exposed to sulphur wear and sulphur corrosion. To improve the accuracy and reliability of measurements, the determination of cylinder bushings wear was made by artificial databases and indicator measurement methods (with an accuracy to 0.01 mm/m). Deviation in determining wear by these methods did not exceed 7%, which confirms the correctness of measurements [3]. Piston rings wear was performed by weighing on electronic scales. Prior to the measurement of cylinder bushings and piston rings weighing, the samples were subject to preliminary cleaning from soot particles formed on their surfaces. For this purpose, their surface was washed with MDO diesel fuel.

Wear measurements were performed for the two outer cylinders known to be subject to this phenomenon more than the other (central cylinders). At that, the resulting values were averaged. In addition, the study of only two cylinders significantly reduced the installation work time restricted by the terms of use. For the same reasons, the studies were carried out after 180, 390, 590, 810, 1030 hours of engines operation.

Effect of cavitation fuel treatment on sulphurous corrosion of cylinder assembly can be analysed to determine the wear of cylinder bushing and the top piston ring. The results of measuring the wear of cylinder bushings and piston rings are shown in Fig. 2 and 3.

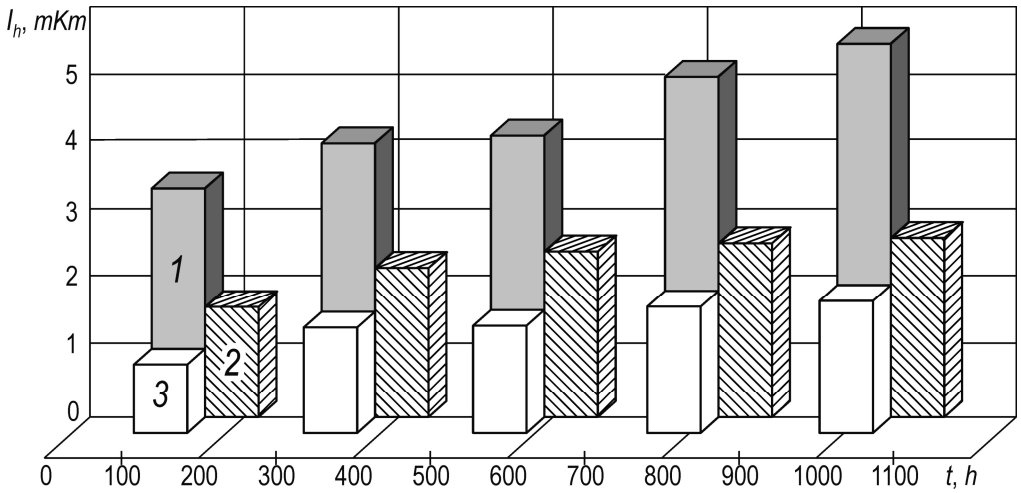


Figure 2. Corrosion wear of cylinder bushings of the S6A2 marine medium-speed diesel engine by "Mitsubishi" under different experimental conditions:

1 - fuel without additional treatment (at operation of diesel fuel treatment system in "normal" mode);
2- fuel elapsed additional cavitation treatment (with the additional use of ultrasonic cavitator only in the fuel treatment);
3 - fuel elapsed additional cavitation treatment (using an ultrasonic cavitator and additional air supply to the cavitation zone)

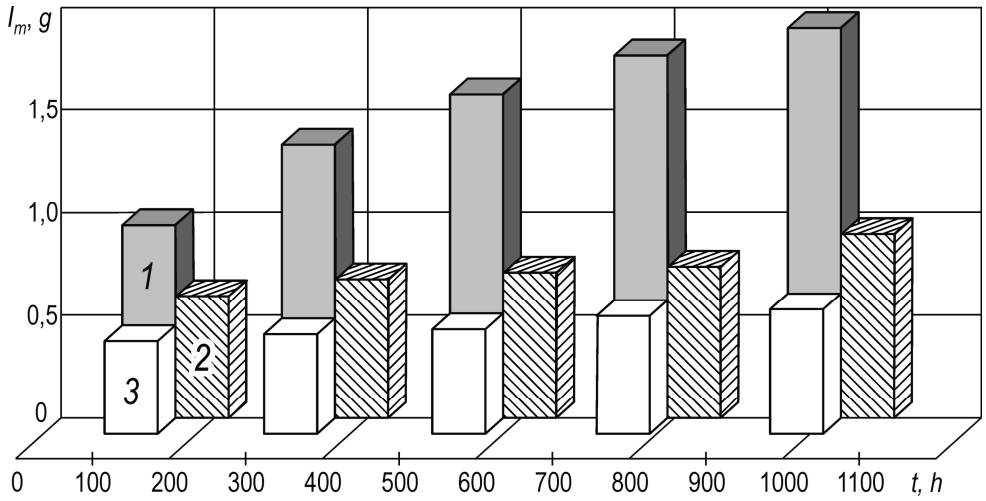


Figure 3. Corrosion wear of piston rings of the S6A2 marine medium-speed diesel engine by "Mitsubishi" under different experimental conditions:

1 - fuel without additional treatment (at operation of diesel fuel treatment system in "normal" mode);

2- fuel elapsed additional cavitation treatment (with the additional use of ultrasonic cavitator only in the fuel treatment);

3 - fuel elapsed additional cavitation treatment (using an ultrasonic cavitator and additional air supply to the cavitation zone)

The experimental study shows that cavitation fuel treatment leads to a reduction of cylinder and piston assembly sulphur wear. At that, the greatest

decrease in this parameter was observed for piston rings, which is especially important, given the importance of the unit in ensuring the quality of such processes as compression, combustion and expansion, and the reliability of the piston - cylinder-bushing relation.

Reduced cylinder bushings (by 49.1...65.4%) and the top piston ring (by 51.5...71.9%) sulphur wear confirms the appropriateness of cavitation treatment for marine fuel, containing sulphur impurities in its composition.

Additional compressed air supply into the cavitation zone while cavitation treatment promotes intensification of the process, as evidenced by the further deterioration of determining value of sulphur wear; it is consistent with the results of other studies conducted in this area [4, 5].

Cavitation fuel treatment (as confirmed experimentally) also contributes to reduced wear of the plunger-bushing precision pair of high-pressure fuel pump. In operating conditions, it contributes to reduction of fuel leakage through this tribocoupling and intensification of the process of injecting fuel into the diesel engine cylinder.

Thus, the obtained results support the use of cavitation treatment of high-viscosity sulphur fuels as an additional method for fuel processing, contributing to both reducing cylinder and piston assemblies sulphur wear and improved operational parameters of the marine medium-speed diesel engines in their operation on high-viscosity fuels with high sulphur content.

REFERENCES

1. Промтов М.А. Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов / М. А. Промтов // Вестник ТГТУ. – 2008. – Том 14. – № 4. – С. 861-869.

2. Сагин С.В. Применение ультразвуковой обработки топлива для снижения сернистого износа деталей двигателя / С.В. Сагин, В.Г. Солодовников // Сб. ст. по материалам XXXV междунар. науч.-практ. конф. «Технические науки – от теории к практике». – 2014. – № 6 (31). – Новосибирск: СибАК. – С. 42-49.

3. Солодовников В.Г. Использование в судовых дизелях топлив различного фракционного и структурного состава / В.Г. Солодовников // Судовые энергетические установки. – Одесса, 2014. – Вып. 33. – С.52-58.

4. Field K. Low Sulfur Fuel Analysis – Chasing the Limits / K. Field // Petro Industry News, February/March, 2004.

5. Nero V.P. Oxidative process for ultra-low sulfur diesel / V.P. Nero, S.J. Decanio, A.S. Rappas, R.E. Levy, F.M. Lee // Preprints of Papers–American Chemical Society, Division of Petroleum Chemistry. – 2002. – № 47. – P. 41.

УДК 629.12.06:628.84:517.3

Асп. Стеценко П. С.
Одесская национальная морская академия

Численный метод исследования динамики воздухоохладителя непосредственного испарения

При создании современных автоматизированных систем микроклимата, расчет теплообменных аппаратов не ограничивается стационарными режимами работы, необходимо иметь количественные зависимости ряда параметров для переходных процессов. Эти зависимости выражают в виде математических моделей , которые включают дифференциальные уравнения энергии для теплоносителей и стенки. Наиболее совершенными и точными моделями являются те модели, которые описывают свойства объекта с распределенными параметрами. В отличие от объектов с сосредоточенными параметрами объекты с распределенными параметрами описываются более сложными математическими моделями. Поиск эффективных методов решения этих моделей является актуальной задачей технической кибернетики в области нестационарных режимов работы теплообменых аппаратов.

На основе метода численного моделирования динамики теплообменного аппарата рассматриваются переходные процессы в воздухоохладителе непосредственного испарения хладоносителя. Метод численного моделирования разработан на основе модификации конечно-разностной неявной схемы бегущего счета применительно к аппроксимации системы связанных дифференциальных уравнений динамики рекуперативных теплообменников. Параметрами динамики являются время переходного процесса, выходные температуры теплоносителей, постоянная времени, расход хладагента и температура перегрева хладагента в испарителе.

Уравнение динамики воздухоохладителя можно упрощенно описать тремя дифференциальными уравнениями в частных производных с производной по длине аппарата.

$$\begin{cases} c_в G_в \dfrac{\partial T_в}{\partial \overline{x}} + c_в m_в \dfrac{\partial T_в}{\partial t} = a_в f_в (T_c - T_в) \\ c_c m_c \dfrac{\partial T_c}{\partial t} = a_{ж} f_{ж} (T_{ж} - T_c) - a_в f_в (T_c - T_в) \\ \pm c_{ж} G_{ж} \dfrac{\partial T_{ж}}{\partial \overline{x}} + c_{ж} m_{ж} \dfrac{\partial T_{ж}}{\partial t} = -a_{ж} f_{ж} (T_{ж} - T_c) \end{cases}$$

При нулевых начальных условиях и граничных условиях

$$T_{ж}(\overline{x}, \mathrm{t})_{\overline{x}=0} = T_{ж}(0, \mathrm{t}), T_в(\overline{x}, \mathrm{t})_{\overline{x}=0} = T_в(0, \mathrm{t})$$
$$T_{ж}(\overline{x}, \mathrm{t})_{\overline{x}=1} = T_{ж}(1, \mathrm{t}), T_в(\overline{x}, \mathrm{t})_{\overline{x}=1} = T_в(1, \mathrm{t})$$

Где знак в третьем уравнении определяется схемой теплообменника: пи прямотоке принимается плюс, а при противотоке –минус.

Преобразуем систему уравнений в более удобный вид:

$$\begin{cases} A_1 \dfrac{\partial T_в}{\partial \overline{x}} + \dfrac{\partial T_в}{\partial t} + B_1(T_в - T_c) = 0 \\ A_2 \dfrac{\partial T_в}{\partial \overline{x}} + \dfrac{\partial T_ж}{\partial t} + B_2(T_ж - T_c) = 0 \\ \dfrac{\partial T_c}{\partial t} + C_1(T_c - T_в) + C_2(T_c - T_ж) = 0 \end{cases}$$

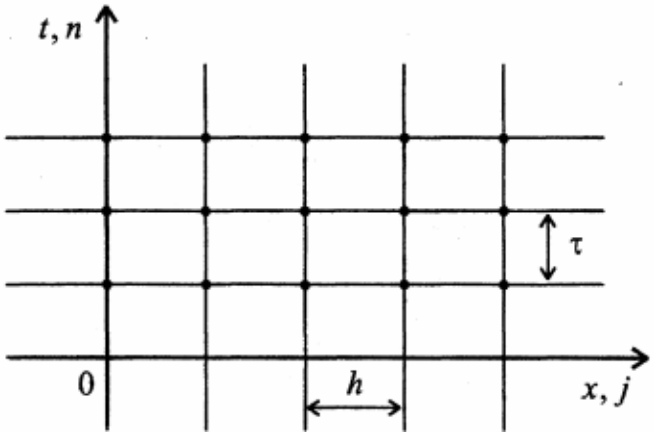
Где коэффициенты соотвественно равны:

$$A_1 = \frac{G_в}{m_в}; \mathrm{B}_1 = \frac{a_в f_в}{c_в m_в}$$

$$A_2 = \frac{G_ж}{m_ж}; \mathrm{B}_2 = \frac{a_ж f_ж}{c_ж m_ж}$$

$$C_1 = \frac{a_в f_в}{c_c m_c}; \mathrm{C}_2 = \frac{a_ж f_ж}{c_c m_c}$$

Расчет системы дифференциальных уравнений по схеме бегущего счета представляет собой решение разностных выражений. Заменим область непрерывного изменения аргументов x и t расчетной сеткой, т.е. дискретным множеством точек, образованных пересечением координатных линий.



Введем сеточную функцию, значения которой в узлах сетки равны значениям решения дифференциальной задачи. Для нахождения сеточной функции в каждом узле сетки заменим частные производные разностными отношениями. В результате вместо дифференциальной задачи получим разностную задачу, или разностную схему:

$$\begin{cases} A_1 \dfrac{T_{вj}^{n+1} - T_{вj-1}^{n}}{h} + \dfrac{T_{вj}^{n} - T_{вj-1}^{n}}{\tau} + B_1(T_{вj}^{n} - T_{cj}^{n}) = 0 \\ A_1 \dfrac{T_{жj}^{n+1} - T_{жj-1}^{n}}{h} + \dfrac{T_{жj}^{n} - T_{жj-1}^{n}}{\tau} + B_1(T_{жj}^{n} - T_{cj}^{n}) = 0 \\ \dfrac{T_{cj}^{n+1} - T_{cj}^{n}}{\tau} + C_1(T_{cj}^{n} - T_{вj}^{n}) + C_2(T_{cj}^{n+1} - T_{жj}^{n}) = 0 \end{cases}$$

Зададимся конструктивными параметрами теплообменника для определения площадей поверхностей теплообмена, коэффициентов теплоотдачи,

теплоаккумулирующих характеристик сред, участвующих в теплообмене. Таким образом, теплообменник состоит из пяти рядов медных труб, расположенных по коридорной схеме с пластинчатым оребрением алюминиевыми листами толщиной 0,18 мм и расстоянием между листами 10 мм, что обеспечивает коэффициент оребрения около 50.

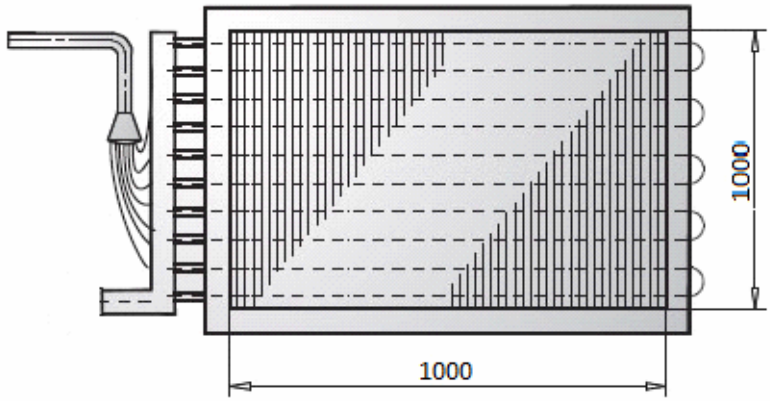


Рис.1 Фронтальный вид воздухоохладителя

Степень заполнения испарителя должна поддерживаться в оптимальных пределах. Переполнение аппарата жидким хладагентом обусловливает влажный ход компрессора, резко снижающий его КПД, может привести к гидравлическому удару. Малое заполнение испарителя хладагентом уменьшает активную площадь теплообмена.

Степень заполнения испарителя оценивается косвенной температурой перегрева хладагента на выходе из испарителя или уровнем хладаента в испарителе. Для хладонов показателем степени заполнения является перегрев пара хладагента на выходе из испарителя. $\Delta t_{п}=t_{вых}-t_{о\ вых}$

$t_{вых}$ - температура перегретого пара на выходе из испарителя.

$t_{овых}$ –температура кипения, соответствующая давлению на выходе из испарителя.

Чем больше жидкого хладагента в испарителе, тем меньше перегрев его паров на выходе. При полностью заполненном испарителе перегрев будет равен нулю.

В САР перегрева объектом регулирования является испаритель, а автоматическим регулятором и регулирующим органом - терморегулирующий вентиль.

ТРВ обеспечивает в заданных пределах перегрев паров хладагента. на выходе из испарителя. При повышении перегрева регулятор увеличивает подачухладагента в испаритель, при снижении уменьшает.

ТРВ является П-регулятором с зоной неравномерности 4-6 ^{0}С.

Таким образом, уравнения динамики ТРВ и двухпозиционного регулятора можно записать в виде:

$$G_x = k_p \cdot (\nu - \nu_з)$$

G_x-расход хладагента

k_p - коэффициент усиления ТРВ

$v_з$ -заданное значение перегрева

Выводы. В результате численного решения системы дифференциальных уравнений совместно с уравнениями динамики регулятора перегрева была получена разгонная характеристика воздухоохладителя. Полученная математическая модель позволяет получить решение для стационарных состояний теплообменногоо аппарата, рассматривая их, как окончание соответствующего нестационарного процесса, при этом не требуется пользоваться приближенными формулами для температурного напора с поправками для сложных схем движения теплоносителей.

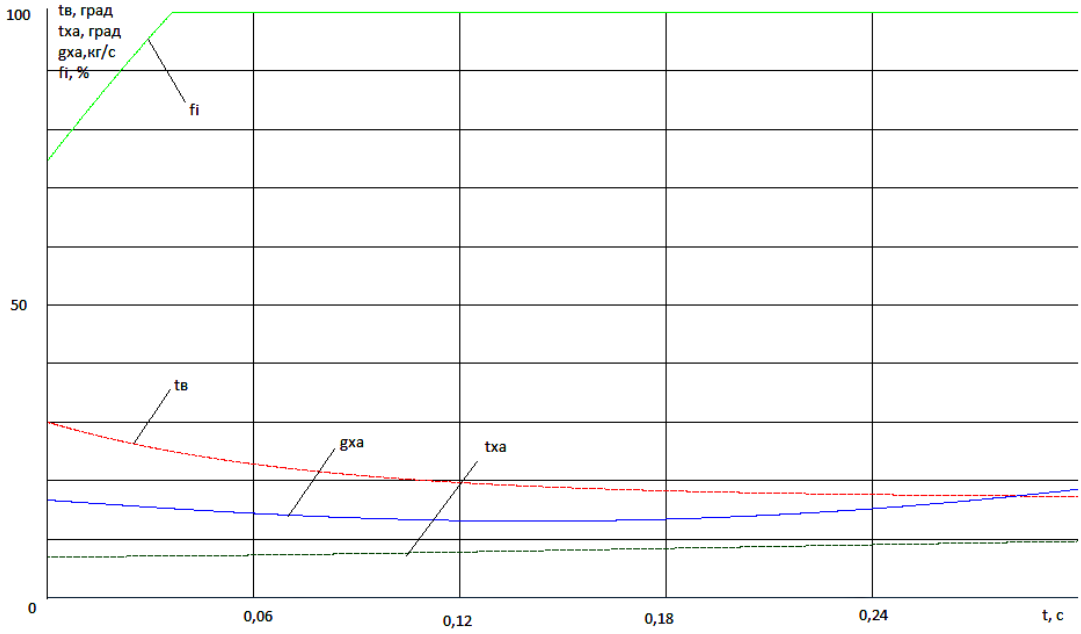


Рис. 6. Разгонная характеристика воздухоохладителя. $t_в$-температура воздуха на выходе, ^oC, $t_{ха}$-температура перегрева хладагента, ^oC, $g_{ха}$-массовый расход хладагента, кг/с, φ-влажность воздуха на выходе из ТА, %.

УДК 621.431.74-43.038

инж. Стеценко П. С., к.т.н., доц. Логишев И. В.
Одесская национальная морская академия

Особенности технической эксплуатации топливной системы высокого давления малооборотных дизелей

Неутешительной остается статистика отказов топливной аппаратуры (ТА), регулярно публикуемая различными международными клубами морского страхования (англ. P&I clubs) и классификационными обществами.

Так, по данным Шведского клуба морского страхования1 (англ. The Swedish Club) на протяжении многих лет отказы топливной аппаратуры малооборотных дизелей входят в группу наиболее частых страховых случаев. Как видно из рис. 1, в период между 1988-1997 гг. количество отказов ТА составило 3,6 % от общего числа поломок малооборотных дизелей (МОД) [1]. При этом в аналитическом отчете [1] сообщается, что только по этой причине судовладельцы понесли убытки в размере порядка 1 миллиона долларов США.

По данным той же литературы [1] в период между 1998-2004 гг. наблюдалось значительное снижение надежности ТА. Количество отказов возросло до 4,7% от общего числа (см. рис. 1). При этом убытки судовладельцев составили более 2 миллионов долларов США.

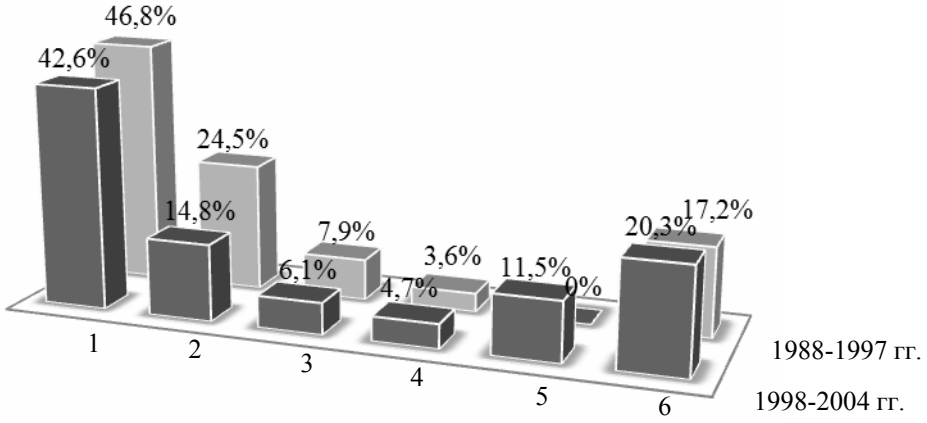


Рис. 1. Основные неисправности МОД за период 1988-2004 гг.:

1 – турбокомпрессор; 2 – цилиндро-поршневая группа; 3 – шейка вала, подшипник вала; 4 – топливная аппаратура; 5 – антаблемент, анкерные болты; 6 – другие поломки

Приведенная статистика подтверждается отчетами классификационных обществ. К примеру, Регистр Ллойда (англ. Lloyd's Register of Shipping) сообщает, что в период между 1995-2005 гг. количество отказов ТА составляло порядка 5% от общего числа неисправностей малооборотного дизеля [3].

В то же время авторы работы [3] заявляют, что «… топливная аппаратура высокого давления судовых дизелей остается наиболее уязвимым в эксплуатационном отношении узлом дизеля: большинство вынужденных остановок судов в море происходит из-за неполадок ТА. Для главных мало-оборотных дизелей за 10000 ч эксплуатации число вынужденных остановок по причине отказа ТА составляет 22-26%, для среднеоборотных – достигает 35% общего числа отказов по дизелю».

Обзор литературы посвященной надежности топливных систем (ТС) высокого давления МОД показал, что более половины всех неисправностей ТА связаны с работой современных дизелей на тяжелых сортах топлива [3-6].

[1] Шведский клуб морского страхования в категории «страхование корпуса, машин и оборудования» на-считывает порядка 2500 судов с общим брутто-тоннажем 85,2 миллиона рег. тонн

Сложный состав и дисперсная структура тяжелых топлив приводит к таким дефектам, как заедания плунжера ТНВД, разрушение посадочных поверхностей клапанов, эрозионное разрушение, поперечные разрывы топливопроводов, прихватывание и зависание иглы распылителя форсунок, закоксовывание и износ их сопловых отверстий, а также ухудшение качества распыливания топлива (рис. 2). В связи с этим необходимо пересмотреть правила технической эксплуатации ТС высокого давления МОД.

Техническая эксплуатация, в целом, – это научно обоснованная система организационно-технических мероприятий, направленных на поддержку объекта в техническом состоянии и использование его по назначению с максимальной эффективностью.

К организационно-техническим способам периода эксплуатации объектов относятся техническая диагностика (ТД) и техническое обслуживание (ТО) [7].

Техническая диагностика объектов представляет собой техническую операцию получения и обработки информации о состоянии объектов во времени с целью обнаружения фактов существования отказов и установления причин возникновения.

Техническое обслуживание – это совокупность организационных и технических мероприятий, направленных на предупреждение отказов, обеспечение исправного состояния в процессе эксплуатации и готовности объектов к использованию.

Целью ТО является предотвращение возможных отказов, обеспечиваемое проведением профилактических и ремонтных мероприятий по обслуживанию ТС. Профилактическое обслуживание, включающее осмотры, регулировки, замену деталей, – это система предупредительных мероприятий, направленных на снижение вероятности отказов. Оно эффективно в том случае, когда выбрана оптимальная стратегия ТО, устанавливающая оптимальные сроки его проведения.

Стратегия технического обслуживания $S = \{f\}$ – это набор правил, принимаемых в процессе организации ТО, для повышения эффективности функционирования системы в зависимости от ее состояния на протяжении всего времени работы. Стратегия ТО должна выбираться в зависимости от функционального назначения системы, режимов эксплуатации, характера отказов, наличия априорной и апостериорной информации о состоянии элементов и ТС в целом [7].

Рис. 2. Информационная структура основных неисправностей ТА высокого давления МОД

Задача выбора оптимальной стратегии ТО состоит в определении при заданных показателях надежности восстанавливаемой системы такой стратегии ТО, которая обеспечивает максимальный экономический эффект E от ее реализации. В качестве оценки уровня надежности при определении оптимальной стратегии ТО выбран коэффициент использования K_u. Задачу оптимизации стратегии ТО можно записать следующим образом:

определить

$$E(K_u) = \max E[K_u(s_i^*)],\ s_i^* \ э\ S$$

при наличии ограничения

$$K_u^0 < K_u(s_i^*) < 1 \ \ (i = 1, K),$$

где s^* – оптимальная стратегия ТО; E — экономическая эффективность от реализации s^*; S – множество (класс) рассматриваемых стратегий; множество S содержит три стратегии: $s_1 = ([P],\ [F(t)])$ – планово-предупредительный ремонт (ППР); $s_2 = ([P]_c\ [F(t)])$ – ремонт по срокам ППР

и профилактик по состоянию; $s_3 = ([P]_c\ [F(t)]_c)$ – профилактические работы и ремонт по состоянию. P и $F(t)$ представляют собой вероятность безотказной работы и функцию распределения времени безотказной работы, соответственно.

Нахождение всех неизвестных позволяет определить необходимую стратегию ТО при учете особенностей отказов каждого элемента ТА. Важно отметить, что результаты исследования тяжелых нефтепродуктов как упругожидких сред, представленные работах [8, 9], требуют пересмотра интервалов обслуживания и ремонта ТА.

Для более детального изучения математического части оптимизации технического обслуживания читатель может обратиться к литературе [7].

Выводы

Научно-обоснованная стратегия технического обслуживания ТС высокого давления МОД должна учитывать изменения вероятности отказов (и других показателей надежности) ТА при работе на тяжелых сортах топлива.

Выбор оптимальной стратегии обслуживания позволяет избежать чрезмерных затрат как на планово-предупредительный ремонт, так и на восстановление ТС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Main engine damage [Electronic resource] / The Swedish Club Highlights. – July 1998. – 8 p.
URL:
http://www.swedishclub.com/upload/Highlights/Main_Engine_Damage_98.pdf
Main engine damage – an update of the 1998 study. – September 2005. – 8 p.
URL: http://www.swedishclub.com/upload/Highlights/Main_Engine_Damage_
Update _ 2005_web.pdf

2. Banisoleiman, K. Reliability trends, operating issues and acceptance criteria related to exhaust gas turbochargers used in the marine industry – a classification society view [Text] / K. Banisoleiman, N. Rattenbury // Proceedings of the conference “8th International Conference on Turbochargers and Turbocharging”, 2006. – Cambridge: Woodhead Publishing Limited. – P. 289–303

3. Фомин, Ю. Я. Топливная аппаратура дизелей [Текст]: справочник / Ю. Я. Фомин, Г. В. Никонов, В. Г. Ивановский. – М.: Машиностроение, 1982. – 168 с.

4. Судовой механик [Текст]. Справочник в 3 т. Т. 1 / под ред. А. А. ФОКА. – Одесса: Феникс, 2008. – 1036 с.

5. Пахомов, Ю. А. Судовые топливные системы [Текст] / Ю. А. Пахомов, Ю. П. Коробков, Е. В. Дмитриевский, Г. Л. Васильев. – М.: РКонсульт, 2004. – 496 с.

6. Стеценко, М. С. Анализ колебательного движения топлива в магистрали высокого давления дизеля [Текст] / М. С. Стеценко, И. В. Логишев // Проблеми техніки: Науково-виробничий журнал. – Одеса: ОНМУ, 2014. – № 4. – С. 65 –77.

7. Кафаров, В. В. Обеспечение и методы оптимизации надежности химических и нефтеперерабатывающих производств [Текст] / В. В. Кафаров, В. П. Мешалкин, Г. Грун, В. Нойманн. – М.: Химия, 1987. – 272 с.

8. Stetsenko, M. Determination of elastic constants of anisotropic heavy petroleum product using molecular dynamics simulation [Text] / M. Stetsenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2014. – Vol. 5. – №6 (71). – P. 37 – 44. DOI: 10.15587/1729-4061.2014.26313

9. Stetsenko, M. Determining the elastic constants of hydrocarbons of heavy oil products using molecular dynamics simulation approach [Text] / M. Stetsenko // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2015. – Vol. 126. – P. 124 – 130. DOI:10.1016/j.petrol.2014.12.021

УДК 681.522

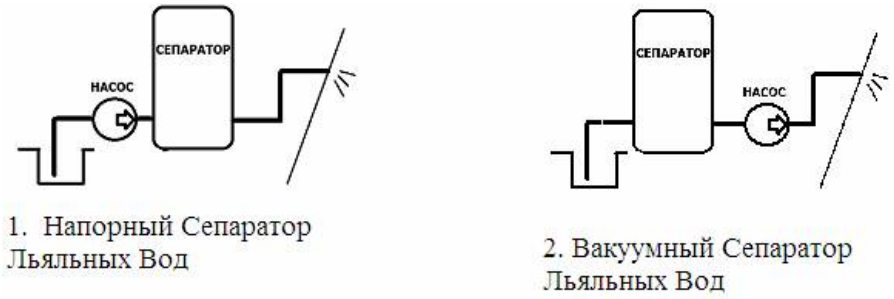
Удолатий В.Б.
Одесская национальная морская академия

Необходимость совершенствования контроля содержания нефти в сбросе балластных и промывочных вод

Проблема загрязнения Мирового океана нефтепродуктами, которые используются в качестве основных видов топлива и смазочных масел в судовых энергетических установках, является важной и актуальной. В последние годы значительно повысились требования к качеству очистки судовых нефтесодержащих вод (НСВ). Часть морской воды, используемой для обеспечения работы судовых установок, попадает в производственные помещения судна, где может смешиваться с различными загрязняющими веществами или другими, уже загрязнёнными водами, образуя льяльные воды. Льяльные (нефтесодержащие) воды – это образующиеся в процессе эксплуатации нефтеналивных танкеров и топливных танков судов осадочные отложения (нефтешламы), по своему составу чрезвычайно разнообразны и представляют собой сложные системы, состоящие из нефтепродуктов, воды и механических примесей. Состав и дислокация шламов могут существенно различаться. В льяльных водах содержится топлива до 70 - 80 %, масла до 20 - 30 %, механических примесей до 4 - 6 %. При этом характерно послойное размещение нефти. Все суда должны быть оборудованы системами очистки льяльных и балластных вод.[1] В соответствии с резолюцией IMO MERC 107 (49), в международных водах разрешается сливать очищенную льяльную воду с содержанием нефтепродуктов не более 15 PPM (частей на миллион).[2]

Для очистки воды, откачанной из льял машинного отделения, от нефтепродуктов предназначены Сепараторы Льяльных Вод (СЛВ). Вода по систе-

ме дренажей с палуб поступает в сборные колодцы, откуда насосом откачивается в сборную (льяльную) цистерну. Из этого танка вода откачивается за борт через СЛВ, в котором нефтепродукты отделяются, собираются и сбрасываются в сборный танк. СЛВ различаются по конструкции - вакуумные или напорные. Если насос расположен перед сепаратором - это напорный тип, если же сепаратор стоит до насоса, то есть насос всасывает воду через сепаратор - это вакуумный тип (Рис.1).



1. Напорный Сепаратор Льяльных Вод

2. Вакуумный Сепаратор Льяльных Вод

Рис.1 Разновидности конструкции СЛВ

К недостаткам напорного СЛВ можно отнести то, что насос дополнительно перемешивает воду с нефтепродуктами, таким образом, ухудшая общий процесс разделения. В свою очередь, в вакуумных сепараторах немного сложнее реализовать процесс отделения нефтепродукта собравшегося в сборной камере.

Современный СЛВ должен обеспечить качество очистки, при котором содержание нефтепродуктов в воде на выходе не превышает 15 PPM. Система сепарирования льяльных вод должна быть оснащена оборудованием, контролирующим содержание нефтепродуктов в воде, сбрасываемой через СЛВ, - это нефтяные анализаторы (ОСМ). На рис. 2 приведена схема сброса трюмной воды через СЛВ.

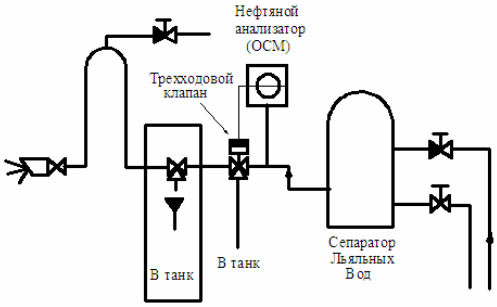


Рис. 2 Работа Монитора Содержания Нефти (ОСМ)

При превышении предельно допустимого значения содержания нефтепродуктов в воде, система автоматики должна либо остановить СЛВ, либо перенаправить откачиваемую воду в танк. Для этого на выходе из СЛВ устанавливается трехходовой клапан управляемый автоматикой. В любом режиме система должна исключить попадание грязной воды за борт. Это означает, что клапан должен сработать до того, как грязная порция воды дойдет до него.

Измерительные приборы должны быть оборудованы системой автоматических клапанов переключения подачи пробы и промывочной воды, полностью исключающей недобросовестное вмешательство персонала в работу прибора до мая 2016 года. Эти требования были рассмотрены и утверждены на "Ballast Water Management Summit" Long Beach, California February 4, 2015. [3]

Поэтому, задачи совершенствования систем автоматического замера, регистрации нефтесодержания и управления сбросом балластных и промывочных вод для предупреждения загрязнения Мирового океана нефтепродуктами являются актуальными и первостепенными.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михрин Л.М. «Предотвращение загрязнения морской среды с судов и морских сооружений»:часть1, 2: СПб.: 2005, 336 с.

2. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 года и Протокол 1978 года. — СПб.: Изд-во ЗАО «ЦНИИМФ», 2008.—760 с.

3. "Ballast Water Management Summit" Long Beach, California February 4, 2015.

УДК: 662.6

Ст. преп. Демидова Н.П.
Одесская национальная морская академия

Влияние физико-химических показателей на эксплуатационные качества топлив

В последние годы на мировом бункерном рынке наметилась устойчивая тенденция снижения качества топлива, которая связана с более глубокой переработкой нефти и увеличением в топливе доли тяжелых остаточных фракций. Это вызвало необходимость разработки новой классификации и стандартов на судовое топливо, потребовало решения ряда эксплуатационных проблем, связанных с работой ДВС на остаточных топливах. На судах возникли проблемы в связи с высоким содержанием в топливе асфальтосмолистых веществ, высоким значением коксового остатка, нестабильностью топлив, приводящей к образованию осадков в танках и топливной системе. Ухудшился процесс сгорания топлив, повысилась опасность отложений в камере сгорания и выхлопном тракте. Кроме того, во многих случаях для эффективного использования тяжелых топлив требуется применение специальных присадок.

Вязкость является одной из основных характеристик котельных и тяжелых топлив, т.к. от нее зависят процессы сгорания топлива, надежность ра-

боты и долговечность топливной аппаратуры, и возможность использования топлива при низких температурах.

В процессе подготовки топлива необходимая вязкость обеспечивается его подогревом, именно от этого параметра зависит качество распыления топлива и эффективность его сгорания в цилиндре дизеля. Пределы величины вязкости впрыскиваемого топлива регламентируются инструкциями по обслуживанию двигателя.

Плотность характеризует фракционный состав, испаряемость топлива и его химические свойства. Высокая плотность означает относительно более высокое соотношение «углерод-водород» С/Н. Плотность имеет большое значение при очистке топлива путем сепарации.

В центробежном топливном сепараторе тяжелой фазой является вода. Для получения устойчивой поверхности раздела между топливом и пресной водой плотность топлива не должна превышать 0,992 г/см3. Чем выше плотность топлива, тем более сложным становится регулирование сепаратора. При чем, если плотность топлива приближается к плотности воды, то это создает дополнительные трудности, т.к. отделение воды от топлива основано на разности их плотностей. Незначительные изменения вязкости, температуры или плотности топлива приводят к потерям топлива с водой или к ухудшению очистки топлива.

В зависимости от количества и дисперсности вода оказывает различное влияние на сгорание топлива. Наличие в топливе воды до 1…2% не оказывает заметного влияния на работу двигателя при условии ее равномерного распределения в массе топлива. При большем содержании воды в топливе могут возникнуть трудности при сжигании топлива в двигателе, особенно при образовании отстойной воды в момент поступления топлива в двигатель. В этом случае неизбежны пропуски вспышки в отдельных цилиндрах, а при продолжительном использовании обводненного топлива, возможна и остановка двигателя.

Международный стандарт ISO 8217:2010 допускает содержание воды в топливах марки DMB до 0,3 Volume %, однако в топливах, прошедших морские перевозки, допускается более высокое содержание воды, а именно: в RMB – RMK – до 0,5 Volume %.

Особенно неблагоприятное воздействие на характеристики топлива оказывает морская вода. Содержащийся в ней натрий вступает во взаимодействие с ванадием, присутствующим в топливе, и образует при сгорании продукты, способствующие резкому усилению температурной коррозии, а иногда, и увеличению нагарообразования.

Механические примеси в топливе имеют неорганическое и органическое происхождение. К неорганическим примесям относится ржавчина Fe2O3 и песок, которые могут попадать в топливо извне. К органическим примесям – карбены и карбоиды – твердые частицы, образующиеся в топливе в процессе переработки нефти.

Механические примеси неорганического происхождения по своей природе являются абразивными частицами и поэтому могут вызвать не только зависание подвижных деталей прецизионных пар, но и абразивное разрушение трущихся поверхностей, посадочных притертых поверхностей клапанов, форсуночной иглы и распылителя, а также сопловых отверстий, Особенно опасно наличие в топливе частиц размером более 6 мкм. Обычно эти частицы из топлива можно полностью удалить путем сепарации.

Механические примеси органического происхождения могут вызвать зависание плунжеров и форсуночных игл. Попадая в момент посадки клапанов или форсуночной иглы на седло, карбены и карбоиды прилипают к притертой поверхности, что также приводит к нарушению их работы. Кроме того, карбены и карбоиды, попадая в цилиндры дизеля, способствуют образованию нагаров на стенках камеры сгорания поршня и в выпускном тракте. В силу своей незначительной твердости механические примеси органического происхождения мало влияют на изнашивание деталей топливной аппаратуры.

Зарубежным стандартом ISO 8217:2010 содержание механических примесей в топливе не нормируется.

Коксовый остаток – массовая доля углекислого остатка (в %), образующегося после сжигания в стандартном приборе испытуемого горючего или его 10%-ного остатка. Величина коксового остатка характеризует неполное сгорание топлива и образование нагара. Для остаточных топлив величина коксового остатка определяется методом Конрадсона. Величина коксового остатка по Конрадсону обычно пропорциональна концентрации высококипящих тяжелых молекул в топливе, содержанию асфальтенов и, следовательно, плотности топлива. Поэтому, чем выше кокс по Конрадсону, тем, как правило, хуже топливо.

Коксовый остаток топлив, вырабатываемых в Украине, достигает 10%. В импортных топливах допускается содержание кокса до 20% (ISO 10370).

Обычно при использовании топлива с высоким содержанием кокса резко возрастает нагарообразование. Поэтому при сжигании тяжелого топлива необходимо особо тщательно следить за техническим состоянием форсунок и топливных насосов, а также за распределением нагрузки по цилиндрам.

Температура вспышки зависит от количества легких фракций в топливе и характеризует нижний предел воспламенения испытуемого горючего в смеси с воздухом. Для большинства топлив температуру вспышки определяют путем нагрева топлива в закрытом тигле (кроме мазутов топочных 40 и 100). Важность этой характеристики топлива связана с его огнеопасностью, а не с пригодностью его для дизельных двигателей или котлов. В соответствии с Правилами Регистра, на судах можно использовать лишь топливо с температурой вспышки не ниже 61°С.

Топлива с высокой вязкостью, как правило, имеют температуру вспышки намного выше этого предела. Однако следует обратить внимание на отсутствие коррекции между вязкостью и температурой вспышки, а также на тот

факт, что попадание даже незначительного количества топлива с низкой температурой вспышки в тяжелое топливо резко снижает температуру вспышки. Известны случаи взрывов и пожаров при попадании сырой нефти в тяжелое топливо, при этом температура вспышки снижалась до 25°С.

От температуры застывания зависит возможность транспортировки топлива по трубопроводам без его подогрева. Топлива, которые хранятся при температуре ниже точки застывания, превращаются в твердую массу. При хранении топлива при температуре, близкой к точке застывания, возможна частичная кристаллизация. Результатом такого хранения могут быть отложения в танках, засорение фильтров и трубопроводов, невозможность перекачки топлива.

В международных стандартах ISO и CIMAC на дистиллатное топливо установлена величина температуры застывания от 0 до минус 6°С для зимних топлив, от 0 до 6°С – для летних; на остаточное топливо от 0 до 30°С зимой и от 6 до 30°С летом.

Топлива с высокими точками застывания часто имеют хорошие характеристики сгорания, что вызвано хорошим качеством сгорания парафинов.

Для предотвращения коррозии цилиндровых втулок крейцкопфных двигателей, работающих на тяжелом топливе, цилиндровые масла должны содержать щелочные присадки. Мерой щелочности масла или его способности нейтрализовать кислоты является «общая щелочность» (щелочное число TBN).

Современные цилиндровые масла обычно имеют щелочное число в пределах 70 – 100 мг КОН на 1 грамм масла. В тронковых двигателях, где смазка цилиндров обеспечивается разбрызгиванием и более интенсивна, при работе на тяжелых топливах используют масла со щелочным числом 20 – 50.

При выборе цилиндровых масел следует иметь в виду, что избыточная щелочность при использовании топлив с низким содержанием серы обычно не вызывает проблем при правильно установленной дозировке цилиндрового масла.

Сера присутствует в топливе, в основном, в составе органических соединений. При сгорании сера образует сернистый SO2 и серный SO3 ангидриды, которые при соединении с водой образуют сернистую H2SO3 и серную H2SO4 кислоты, вызывающие сильную коррозию поверхностей, на которых они могут конденсироваться. Следует иметь в виду, что коррозионные проблемы возникают также из-за слишком низких температур охлаждающей воды и продувочного воздуха, что вызывает конденсацию паров серной кислоты на холодных поверхностях.

В топливах, производимых в Украине, содержание серы ограничивается 3,5 mass % (у мазутов), а в импортных – для дистиллатных топлив DMX – DMB от 1 до 2 mass %, для остаточных топлив RMA – RMK – не нормируется.

Содержание золы является мерой содержания неорганических несгораемых примесей в топливе. Эти примеси частично являются естественными

компонентами сырой нефти, частично выносятся в процессе ее переработки (например, при каталитическом крекинге), а также при хранении, обработке, транспортировке.

Обычно максимальное содержание золы в дистиллатных топливах не должно превышать 0,010 mass % (ISO 6245), однако новые стандарты допускают 0,04 и 0,15 mass % для наиболее тяжелых сортов топлив (RMA – 0,04%; RMB – RME – 0,07%; RMG – 0,1%; RMK – 0,15%).

Присутствие в топливе ванадия и натрия имеет большое значение как причина высокотемпературной коррозии на наиболее горячих металлических поверхностях, таких как поверхности выхлопных клапанов в дизельных двигателях и трубки пароперегревателей в котлах.

При одновременном содержании ванадия и натрия в топливе образуются ванадаты натрия NaVO3 с температурой плавления приблизительно 630°C и поэтому опасны по условиям шлакования и коррозии. Эти вещества вызывают размягчение слоя окисла, который обычно защищает металлическую поверхность. Во избежание проблем, вызванных высокотемпературной коррозией, важно удалять водорастворимые соли натрия, что достигается путем промывки топлива водой и эффективного центрифугирования.

Ванадиевые соединения в топливе полностью растворимы и трудноудаляемы. Их воздействие может быть ослаблено путем включения в топливо присадок, которые вступают в реакцию с ванадием в процессе сгорания, образуя соединения, температура плавления которых выше, чем у пентаксида ванадия V2O5. Чаще всего для этих целей используется магний. Он может добавляться в топливо в виде органического или неорганического раствора сульфата магния MgSO4. В этом случае образуется ванадат магния Mg3(VO4)3, температура плавления которого выше 1000°C. Недостаток использования магниевой присадки заключается в том, что при этом усиливается тенденция к образованию зольных отложений на лопатках турбин.

Остатки процесса каталитического крекинга в сжиженном слое могут содержать высокопористые алюмосиликатные соединения, которые могут вызвать тяжелые абразивные повреждения элементов топливных систем, а также поршней, поршневых колец и втулок цилиндров. Пористость частиц сильно затрудняет их удаление путем осаждения и центрифугирования. При правильной работе центробежных сепараторов представляется возможным удалять около 75% частиц силикатов при одноступенчатом центрифугировании и 85% – при двухступенчатом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калугин В.Н. Характеристики и свойства морских сортов топлива, особенности топливоиспользования: учебное пособие. – Одесса: ОГМА, 2000. – 51 с.

2. Камкин С.В., Возницкий И.В. и др. Эксплуатация судовых дизельных энергетических установок. – М.: «Транспорт», 1996. – 432 с.
3. Калугин В.Н., Логишев И.В. Использование морских топлив на судах: учебное пособие. – Одесса: ОНМА, 2010. – 191с.
4. Логишев І.В., Голіков О.О., Зав'ялов О.А. Технології використання палив у суднових енергетичних установках: навчальний посібник. – Одесса: ОНМА, 2011. – 135 с.
5. Пахомов Ю.А., Коробков Ю.П. и др. Топливо и топливные системы судовых дизелей. – М.: РКонсульт, 2004. – 496 с.
6. Четвертая редакция Международного стандарта ISO 8217:2010.

УДК 004.81-629-52(07)

С.н.с. к.т.н Донской В.Г.
Одесская национальная морская академия

Инженерно – психологические факторы повышения надёжности эксплуатации судовых энергетических установок

Трудовая деятельность механиков-операторов, штурманов связана с воздействием на человека внешней среды, которая многообразна и полипараметрична . Она включает в себя такие составляющие как социально – контактный компонент (социальные нормы , правила и прочее) , информационный компонент (вербальные и невербальные информационные воздействия), витальный компонент (жизненный , т.е. физико – химико – биологические воздействия).

Совершенствование судовых эргатических систем должно быть направлено на оптимизацию труда операторов , повышение качества оборудования и средств автоматизации , на проектировании различных средств труда , соответствующих структурно – функциональным возможностям человека, что в итоге повысит безаварийность работы технических средств и надёжность человека – оператора.

Вопросы профессиональной пригодности операторов зачастую важнее машиноцентрических факторов. По видам совершаемых ошибок оператором их можно классифицировать по различным причинно – следственным связям , а именно: 1)нарушение предписанного алгоритма диагностирования; 2) по виду возникающих ошибок (сенсорные , логические, мнемонические, моторные) ; 3) по характеру ошибок(аварийные и неаварийные); 4) по степени осознания (осознанные и наоборот); 5) по причинам возникновения (нарушение психологической устойчивости , недостаточные теоретическая и тренажерная подготовки , ухудшение состояния здоровья , отрицательное влияние факторов внешней среды , плохая мотивация к деятельности , различные стадии утомления, нарушения коммуникабельных отношений в коллективе).

Снижение ошибок операторов предполагает прежде всего разработку методов наблюдения за работой операторов , а также беседы – опросы (особенно по экстраординарным событиям) механиков , электромехаников , штурманов , анализ энцефалограмм, хронометраж наблюдений графического (циклограммы) и статистического (спародического) материала , связанного с «отказами» человека – оператора .

Исследование природы и видов ошибок операторов эргатических систем предполагает: 1) выявления ошибок проектирования эргосистемы по машиноцентрическому и антропометрическому факторам; 2) определение правильности всех процедур по несению вахт, дежурств , службы на море ; 3) выявление возможных ошибок в изготовлении и наладке оборудования и систем автоматики; 4) устранение ошибок в техническом обслуживании ; 5) своевременная поверка контрольно – измерительных приборов , выполнение регламентированных контрольных тестов в системе централизованного контроля судовой энергетической установки.

Для успешного обучения и эффективной профессиональной деятельности механик – оператор должен обладать соответствующими профессионально – важными качествами (ПВК) , которые определяются как физические , анатомо – физиологические , психические и личностные свойства человека , необходимые для успешного решения профессиональных задач в возникающих технологических ситуациях . Анализ операторской деятельности свидетельствует , что ошибки проявляются преимущественно в трех функциональных ипостасях: мотивационный , ориентировочный и исполнительный. При этом наиболее действенной мерой по снижению аварийности остаётся пока систематическая профилактика нарушений в исполнительной ипостаси, то есть профессиональный отбор кандидатов на операторские должности.

Концепция оценки профпригодности базируется на основе эффективности действий оператора на каждом этапе деятельности , то есть приём , восприятие , оценка , переработка – осмысливание принятой информации , принятие решения и соответствующие адекватные или наоборот действия. Выбор и обработка контрольных тестов базируется преимущественно на методах экспертных оценок , а обработка полученных результатов верифицируется определенными приёмами теории вероятностей.

Наряду с недостатками (присутствие человека) эргатические системы обладают и рядом преимуществ , например , возможностью использования нечеткой логики , способностью к обучаемости , принятию верных решений в нестандартных ситуациях. Каждые новые требования к оператору должны компенсироваться техническими элементами системы. Уменьшение отказов по вине оператора возможно на всех стадиях эксплуатации и модернизации эргасистем , в том числе на стадиях определения профессиональной пригодности и тренажерной подготовки , что в итоге приводит к повышению надёжности эксплуатации судовой энергетической установки.

УДК. 656.61.052

Обертюр К.Л., Голиков В.В., Сафин И.В.
Одесская национальная морская академия

Ситуационный метод управления событиями в эргатических транспортных системах

На транспортных судах безопасность мореплавания обеспечивается эргатическими системами. Возникающие потенциально опасные ситуации обусловлены недостаточной подготовкой их операторов на уровне управления. Ошибочность действий, лиц принимающих решения по недопущению и предотвращению происшествий связано в основном с дефицитом информации, влияющую на способность прогнозировать места их проявления, характере и причинности аварий. Мировая статистика аварий показывает, что 12÷14 % из них приходится на людской ресурс[1]. Для снижения аварийности ИМО в конвенции ПДНВ-1978, в требованиями по подготовке персонала судна, предусматривается предоставление определенных уровней знаний, пониманий, умений, навыков для выполнения своих профессиональных обязанностей в соответствии с занимаемым им должностным уровнем [2]. Существует два уровня управления: уровень эксплуатации и уровень управления. Уровень эксплуатации обеспечивает наблюдение и управление явлениями и процессами окружающего мира, входящего до инвариантного управления. Уровень управления предусматривает управление событиями, которые могут быть известными и появлялись раньше в настоящем или появятся в будущем. При управлении событиями время становится нелинейным, даже дискретным и внутреннее время оператора становится стохастическим, но поддающимся логике. Все эти явления, процессы и события можно объединить в понятие информация. Информация представляет собой определенный поток тонкой энергии. Однако по уровню насыщенности этот энергетический поток может быть гораздо разрушительнее других видов энергетических потоков. Ранее нами была создана концепция [3] системы обеспечения гарантированной безопасности судоходства, которая доведена до системных решений. Концепция системы базируется на иерархичеком подходе для поддержания высокого уровня информативности в процессах наблюдения за безопасностью судоходства. На нижнем уровне системы функционируют локальные системы управления безопасностью, например, энергетической установкой судна по обеспечению движения. Безопасность подсистем обеспечивается использованием ситуационного метода. Это дает возможность понять, как происходящие события будут себя проявлять в будущем. Метод формирует последовательность ситуаций, которые приводят к угрозе для движения судна.

Пример использования ситуационного метода представлен в ввиде словестного алгоритма управления событиями для создания ситуации при угрозе отказа главного двигателя (ГД) судна:

- этап 1 ситуация (штатная) судно маневрирует в стесненых условиях порта;

шаг 1 событие ГД не пускается;

- этап 2 ситуация (неблагоприятная), судно без хода дрейфует в сторону причала;

шаг1 событие исполнены попытки пуска ГД;

шаг2 событие критически низкое давление пускового воздуха ГД;

- этап 3 ситуация (угрожающая), судно без хода дрейфует в сторону причала;

шаг1 событие перевод ГД на дистанционное управление (ДУ);

шаг2 событие попытка пуска ГД;

шаг3 событие низкое давление пускового воздуха ГД;

- этап 4 ситуация (критическая), судно в опасной близости к причалу;

шаг 1 событие переход ГД на местный пост управления;

шаг 2 событие пуск реверс ГД в ручном режиме;

шаг3 событие ГД в работе;

- этап 4 ситуация (безвыходная), судно навалилось на причал;

шаг1 событие стоп ГД.

Вывод: При реализации ситуационного метода управления событиями существует проблема у операторов из-за разного временного периода получения, обработки и изъятие информации. Рассматривая алгоритм управления событиями мы можем изменить ситуацию на благоприятную, если например, на этапе 2, шаг2 перейти на этап 4 шаг 1. Невыполнение привело к потере времени на осознание того, что управление ГД с мостика блокируется системой ДАУ из-за критически низкого давления пускового воздуха ГД. В предрейсовой подготовке воспроизводим такие события и ситуации в которых эти события наблюдались для формирования быстродействия в принятии решений, приобретении опыта, умений, понимания и навыков для противодействия возникающим угрозам

Таким образом представленный сиуационный метод и алгоритм управления событиями, как один из механизмов обеспечения гарантированной безопасности судоходства, позволяет повысить степень информированности операторов эргатических транспортных систем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голиков В.А. Способы повышения надежности операторов судовых эргатических систем/ В.А. Голиков, В.И. Капустин // Судовые энергетические установки: Сб. научн. трудов /ОНМА,- Вып.25.- 2010 – С. 49.

2. Міжнародна конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року (консолідований текст з манільскими поправками)-К.: ВПК “Експресс-Поліграф”, 2012.- 568 с.

3.Голиков В.В. Методологические основы гарантированной безопасности судоходства/ Материалы научно-методической конференции 16-19 ноября 2014г. «Морские перевозки и информационные технологии в судоходстве» - Одесса, 2014 – С. 157- 162.

УДК : 621.431 – 892

Разинкин Р.А.
Одесская национальная морская академия

Система онлайн мониторинга температуры масла в мотылевых подшипниках

Современный судовой дизель имеет высокую степень нагрузки, что приводит к быстрому износу деталей цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма (КШМ). При технической эксплуатации судовых энергетических установок значительная часть расходов приходится на смазочные материалы.[1]

Как известно, коленчатый вал одна из самых сложных по изготовлению деталей судового двигателя. Как следствие повышенный износ коленчатого вала ведет к повышению вероятности остановки двигателя, а в ряде случаев к аварии, следовательно, необходимо уделить особое внимание состоянию коленчатого вала и деталям КШМ, которые сопрягаются с ним.

Повреждение подшипников, которые сопрягаются с коленчатым валом, часто имеет скрытый характер повреждения. Повреждение может быть вызвано различными причинами, и, как правило, ведет к повышению температуры. Мониторинг температуры представляет собой важный показатель, который позволяет предотвратить чрезвычайные ситуации, и своевременно заменить рабочий узел или произвести соответствующий ремонт.

Безотказная работа большинства судовых технических средств зависит от смазочных систем. Наиболее совершенными являются циркуляционные масляные системы судовых двигателей внутреннего сгорания (СДВЗ), которые не имеют аналогов среди других транспортных средств. В таких системах одновременно находится несколько десятков тонн минеральных масел различных сортов.[1].

Система онлайн мониторинга крайне проста и надежна в эксплуатации, из-за использования температуро– и виброустойчивых материалов, а также имеет малую массу и малые габариты, которые не повлекут за собой дополнительные динамические нагрузки. Система на рис.1 работает следующим образом: температурный датчик(1) считывает мгновенную температуру масла в области шатуна и передает на воспринимающий(2) датчик сигнал, далее преобразователь(3) обрабатывает сигнал и передает его на пульт управления в центральный пост управления или на любые другие панельные приборы, если в этом есть необходимость.

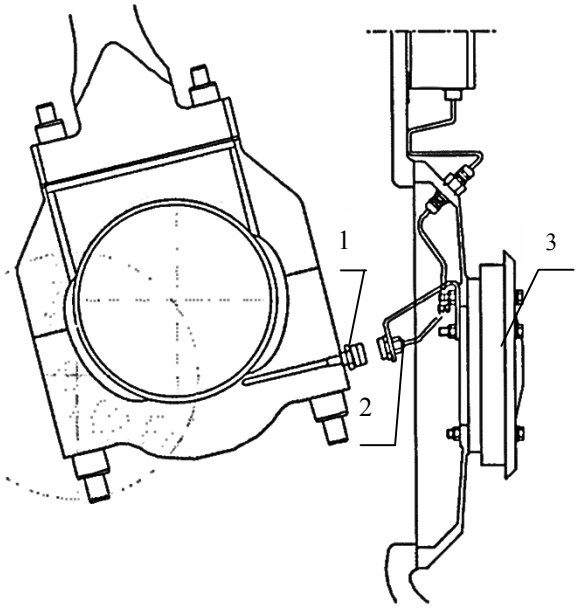


Рис.1. Схема системы с онлайн мониторингом температуры масла в шатуне.

Передача сигнала происходит в том момент, когда датчики находятся в заданном расстоянии. Установка датчика в шатун. В зависимости от конструкции двигателя и предполагаемого расположения датчиков, рассчитывается угол поворота коленчатого вала, при котором датчик, находящийся в шатуне и воспринимающий датчик будут находиться в наиболее близком расстоянии другу от друга. Данные о температуре масла передаются при каждом обороте коленчатого вала, что является достаточным для контроля температуры.

Система мониторинга не требует особого программного обеспечения, что позволяет ее устанавливать как на двигатели нового поколения, так и на более устаревший модельный ряд, внедрение данной системы мониторинга будет иметь малую стоимость.

Ресурс подшипника скольжения ограничен и обычно составляет 10 000 – 15 000 часов, что обусловлено с одной стороны циклической прочностью металла, а с другой –величиной предельно допустимого износа.[2] Система онлайн мониторинга даст возможность оценивать состояния подшипников своевременно, особенно важно это когда срок их эксплуатации подходит к концу.

Вывод. Таким образом, мониторинг уровня температуры масла в подшипниках позволяет предотвратить аварийные ситуации и предпринять своевременные действия, чтобы защитить жизненно важные части двигателя от внезапного отказа, который может повлечь дорогостоящий ремонт. Кроме того, система мониторинга температуры масла шатунных подшипников в реальном времени не только может заменить традиционный метод измерения масляного тумана в сочетании с основными системами контроля темпе-

ратуры, но и быть использована как на новых, так и на старых моделях судовых двигателей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голиков А.А., Холчев Е.С. Система обезвоживания смазочного масла шаг к снижению риска // Судоходство. – 2001 - № 8-9. – С. 60-61.

2. Ханмамедов С.А., Пизинцали Л.В., Могилянец Т.М. ОНМА, ОНМУ Повышение долговечности подшипников скольжения судовых двигателей внутреннего сгорания с тонкостенными вкладышами

УДК 621.891

Д.т.н., проф. Харин В.М.
Одесская национальная морская академия

Методика расчета нагрузочных характеристик рулевого устройства

Рулевая машина по требованиям ИМО (Регистра) должна обеспечивать поворот руля от 35° одного борта до 30° другого за время не более 28 с при полном переднем ходе судна и полностью погруженном руле. Базой для выбора необходимого крутящего момента рулевой машины являются нагрузочные характеристики рулевого устройства.

Гидродинамический момент на руле определяется по формулам

$$M_\alpha = [C_n k_k k_в \rho V_0^2 Ab(C_Д - k_p)] / 2,$$

$$C_n = C_X \sin\alpha + C_Y \cos\alpha$$

Здесь V_0-максимальная скорость переднего хода судна,м/с; ρ = 1025 кг/м^3 – массовая плотность морской води; C_n – коэффициент нормальной силы. Коэффициенты $C_x, C_y, C_Д$ определяются из таблицы гидродинамических испытаний модели руля; А и В – площадь и ширина руля; k_p - коэффициент компенсации балансирного руля, равный отношению площади его балансирной части (от передней кромки до оси вращения) к общей площади руля.

На рисунке показаны нагрузочные характеристики. Это зависимость момента на баллере руля от угла его поворота. Исходными данными для расчета были: дедвейт судна – 12200 т; длина – 144,6 м; осадка – 9,17 м; скорость хода - 18,2 узл; диаметр винта – 4,5 м; относительная длина пера руля – 2; площадь руля А=16,0 м; ширина b= 2,8 м; коэффициент k_p = 0,2, 0,25 и 0,3.

Анализируя характеристики, замечаем, что наибольший крутящий момент при α=30º соответствует кривой 1 с коэффициентом k_p = 0,2. Он равен 135,0 тм.

В этом случае необходимо было бы поставить на судне рулевую машину с таким большим крутящим моментом. Она имела бы высокую стоимость,

большие габариты и большую мощность электродвигателей насосов. Такая рулевая машина экономически и технически нецелесообразна.

1- K_p = 0,2; 2 - K_p = 0,25; 3 - K_p = 0,3

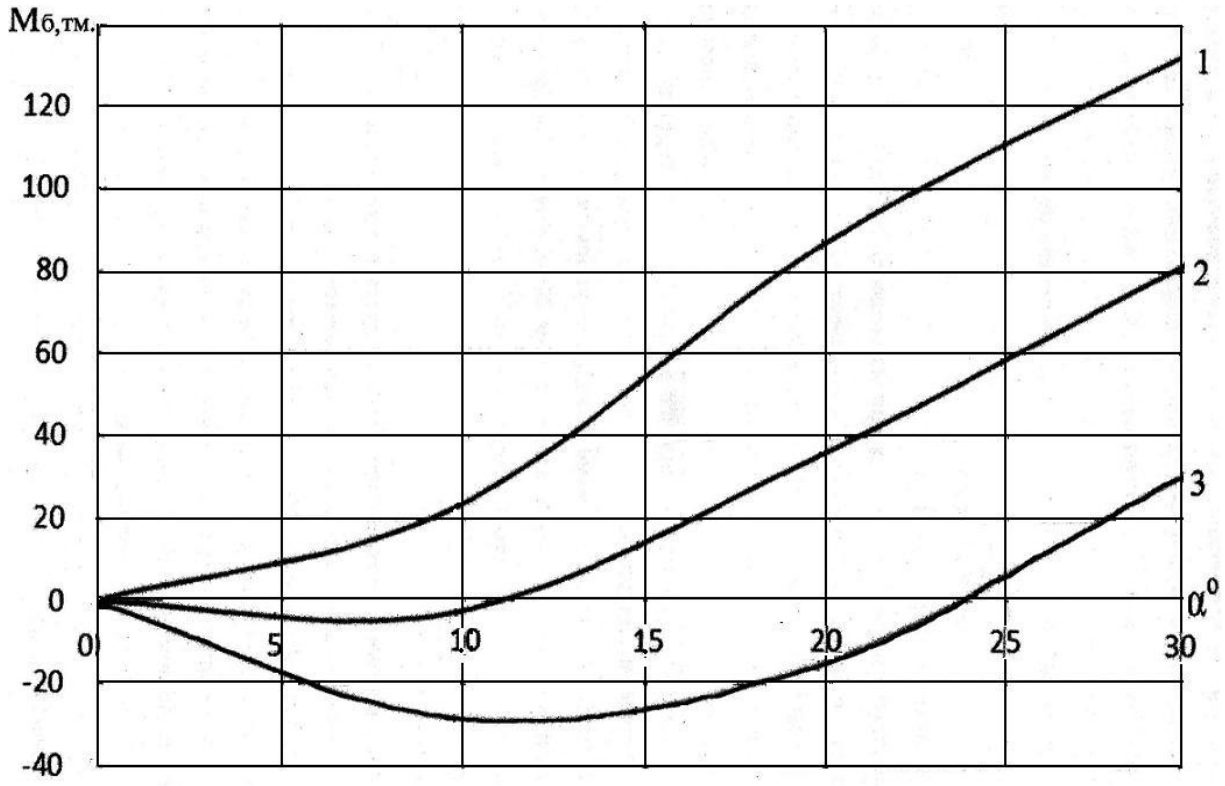


Рис. 1. Нагрузочные характеристики рулевого устройства.

Меньший крутящий момент соответствует характеристике 3 при k_p = 0,3. Он равен 30,4 тм. Однако эта характеристика имеет значительный отрицательный момент (-27,9 тм при α=10º). В таком случае нужна была бы меньшая по размерам и стоимости рулевая машина, но она не могла бы обеспечить хорошую управляемость судном.

Характеристика 2 при k_p = 0,25 является наиболее целесообразной. В этом случае рулевая машина будет иметь крутящий момент 90,0 тм при α=30º. Номинальный момент принимается с учетом механического кпд (0,85-0,92).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Харин В.М. Судовые гидравлические рулевые машины. Учебное пособие. - Одесса: Феникс, 2005.-280с.

УДК 629.5.065.2

Доц. Дрозд Е.В.
Одесская национальная морская академия

Системный подход к оценке рабочих параметров судовых кранов

Судовые краны должны обладать надлежащими техническими характеристиками и запасом прочности, обеспечивающими надежную и безопасную их эксплуатацию.

Технические характеристики судовых кранов на протяжении их использования претерпевают изменения рабочих параметров в сторону их уменьшения. Среди базовых технических характеристик, рабочие параметры которых подвержены таким изменениям, следует выделить номинальную грузоподъемность, высоту подъема груза, максимальный и минимальный вылет стрелы, скорости механизмов.

Режим эксплуатации крана, как правило, прописан судоходной компанией, опираясь на технический паспорт устройства и рекомендации завода-изготовителя и может меняться в случаи обращения судоходной компании к заводу с просьбой увеличения срока службы крана или его элементов на основе дополнительно проведенных заводом испытаний подобных конструкций.

Виды обслуживания судовых кранов и периодичность проведения профилактических и ремонтных работ также прописаны судоходной компанией, заинтересованной в выполнении оперативных и периодических осмотров, позволяющих вести сбор данных и формирование статистики показателей износа и отказов в работе.

Отказы в работе судовых кранов можно сгруппировать следующим образом:

- отказы металлоконструкции;
- отказы механической части;
- отказы гидравлического и электрооборудования кранов.

Проанализированные сведения об отказах позволяют выделить их в перечисленные группы, процентное соотношение при этом составляет 27%, 38% и 35% соответственно.

Аварии из-за отказов металлоконструкций судовых кранов бывают редко, но если случаются, несут большой материальный ущерб и угрозу жизни и здоровью людей.

Металлоконструкция при работе крана претерпевает упругие деформации и накапливает запас потенциальной энергии деформации. Мгновенное высвобождение этой энергии при фос-мажоре вызывает динамические нагрузки ударного характера, сопровождающиеся обрывом канатов, зацеплением грузозахватного устройства за комингсы люков и конструкций крана на рабочем ходу с грузом. И, как следствие, к отказу в работе.

Длительное действие на металл переменных напряжений приводит к развитию усталостных явлений. Именно усталостью металла вызваны в основ-

ном возникающие дефекты (трещины) конструкции проанализированных аварий судовых кранов козлового типа со стреловой грейферной подвеской, работающих на перегрузке такого специфического груза как гранит и камни скальных пород.

Особенностью разрушений металла от усталости является пониженный уровень напряжений по сравнению с теми, которые ведут к разрушению при однократном напряжении. Поэтому усталостные дефекты возникают, как правило, в местах малого напряжения, но ведут к разрушению.

Предел выносливости зависит от свойств металла, критерия и уровня нагрузок, условий эксплуатации.

Эксплуатация судовых кранов со сроком службы более 15 лет должна предусматривать снижение рабочих параметров упомянутых технических показателей как минимум на 10-15% и проведение периодических осмотров с использованием специального диагностического оборудования.

В основу технической эксплуатации должна быть положена система планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта как комплекса организационно-технических мероприятий, проводимых в плановом порядке для обеспечения эксплуатационной надежности судовых кранов.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ:

Статистика аварий судовых кранов.

УДК 621.873.12

Ст. преп. Стукаленко А.М.
Одесская национальная морская академия

Анализ уравнительных устройств сдвоенных полиспастов

В механизмах подъема груза кранов мостового типа применяются в основном сдвоенные полиспасты вследствие существенных преимуществ касательно таких кранов в сравнении с одинарными. В сдвоенных полиспастах для выравнивания длин и натяжений ветвей (рис.1,а) каната 2 либо (рис.1,б) канатов 2 и 3 используются в основном два типа уравнительных элементов: (рис.1,а) уравнительный блок 3 и (рис.1,б) балансир 4. Преимущественно в качестве уравнительного элемента используется уравнительный блок вследствие простоты конструкции и компактности его узла, и обеспечения неограниченного диапазона выравнивания длин вервей каната. Последнее преимущество имеет существенное значение при навешивании каната.

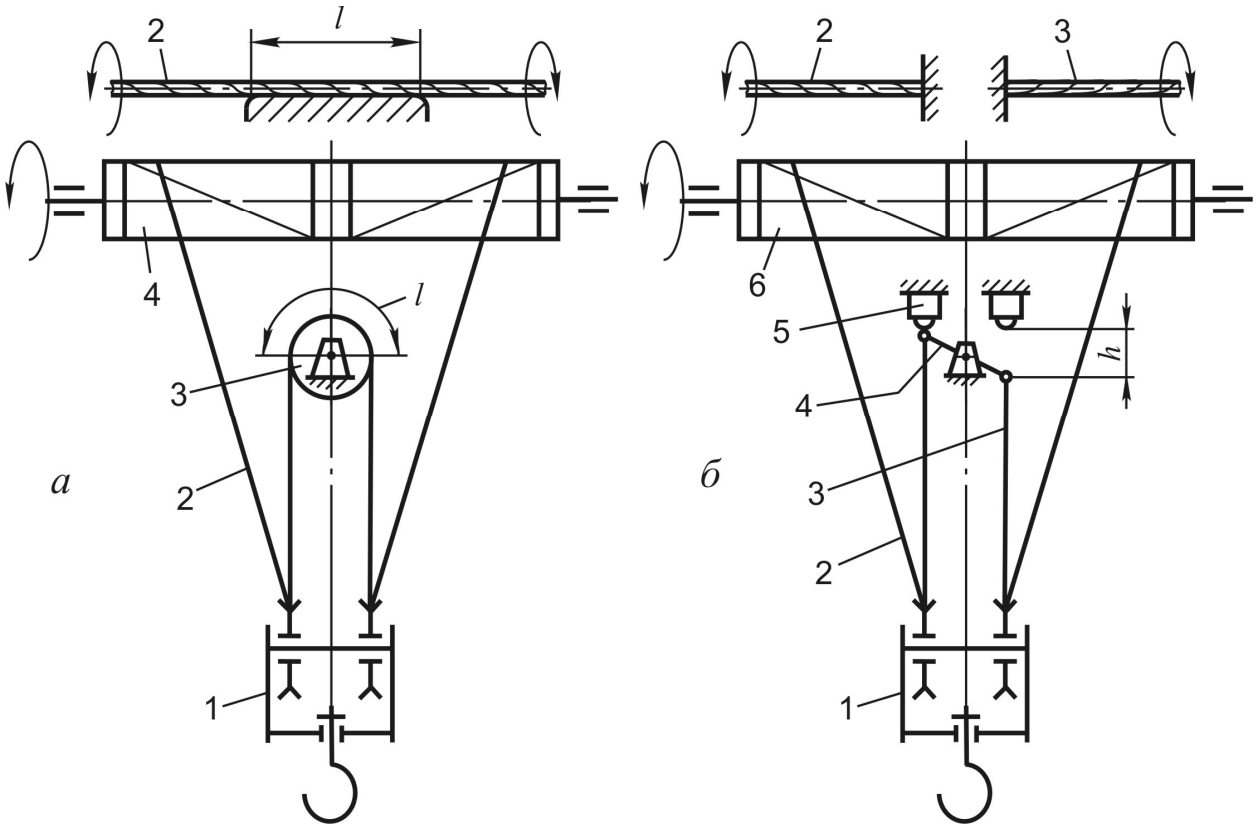


Рис.1. Схемы сдвоенных полиспастов механизма подъема

С точки зрения надежности работы кранов недостатками использования уравнительного блока в сдвоенном полиспасте являются:

- сложность контроля состояния участка контакта каната с уравнительным блоком;

- максимальный износ каната на уравнительном блоке при тяжелых режимах работы. Результати экспериментальных исследований свидетельствуют, что причиной этого является кручение каната, вызванное (рис.2) наматыванием на барабан 4 лебедки и сматыванием с него ветвей каната 2, вследствие чего канат, не перебегая по уравнительному блоку, проворачивается в его ручье, что приводит к интенсивному истиранию внешних проволок каната на участке *l*;

- как следствие предыдущего недостатка имеют место случаи обрыва каната на уравнительном блоке [1], после чего неминуема авария, так как ничто не препятствует падению груза.

Канат при наматывании на барабан по винтовой линии кроме деформации изгиба, испытывает также деформации кручения. Деформация кручения в зависимости от направления свивки от направления укладки каната на барабан и направления вращения барабана может увеличивать или уменьшать скручивание каната (рис.2). Таким образом, при использовании одного каната в сдвоенном полиспасте, одна из ветвей будет при наматывании на барабан закручиваться, а вторая – раскручиваться, что приводит к уменьшению структурной плотности каната и ухудшению условий его работы.

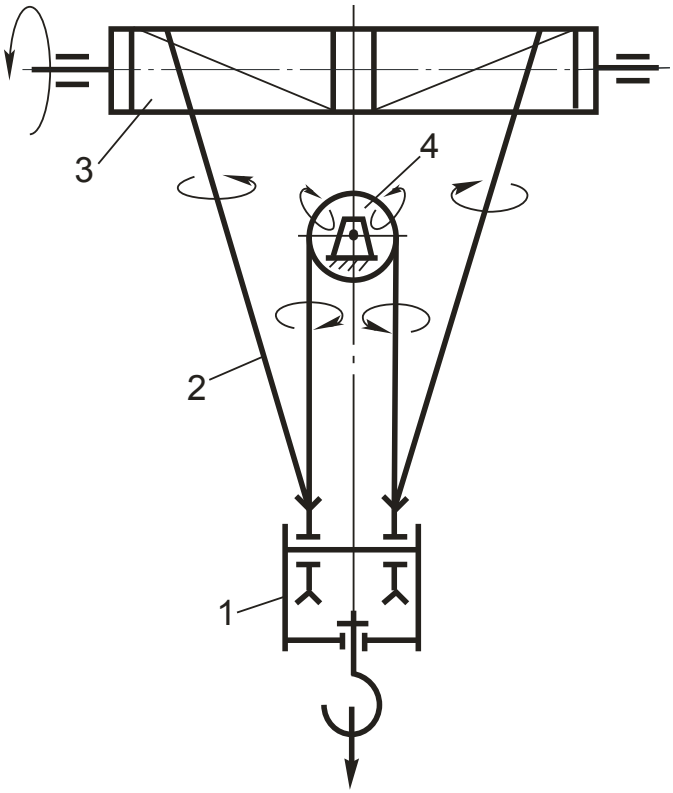


Рис.2. Схема закручивания каната в сдвоенном полиспасте

Одним из вариантов исключения рассмотренных недостатков является применение в сдвоенном полиспасте (рис.1,б) уравнительного рычага - балансира 4, что позволяет при тяжелых режимах работы повысить долговечность каната в несколько раз. Для этого канаты 2 и 3 используются с противоположным направлением свивки таким образом, чтобы при наматывании канатов на барабан 4 лебедки он закручивались с целью повышения структурной их плотности, а в итоге – улучшения условий работы.

Повышение надежности работы крана обеспечивается также установкой (рис. 1, б) над балансиром 4 входящих в систему управления приводом механизма подъема конечных выключателей 5, на один из которых воздействует соответствующий конец балансира, если разница длин канатов 2 и 3 превышают величину участка h свободного хода балансира.

К недостаткам балансира можно отнести ограниченный диапазон выравнивания длин и натяжений канатов, а также неравномерность выравнивания натяжений в канатах (разница натяжений может достигать 30%).

Не содержит указанных выше недостатков уравнительных элементов и, следовательно, приводит к большей надежности работы крана, использование в качестве уравнительного элемента сдвоенного полиспаста уравнительного барабана (рис.3).

Уравнительный барабан 3 позволяет использовать два каната 2 и 5 противоположного направления свивки, что дает преимущества балансира, кроме того, в отличие от последнего позволяет обеспечить выравнивание длин и натяжений канатов в более широком диапазоне без неравномерности.

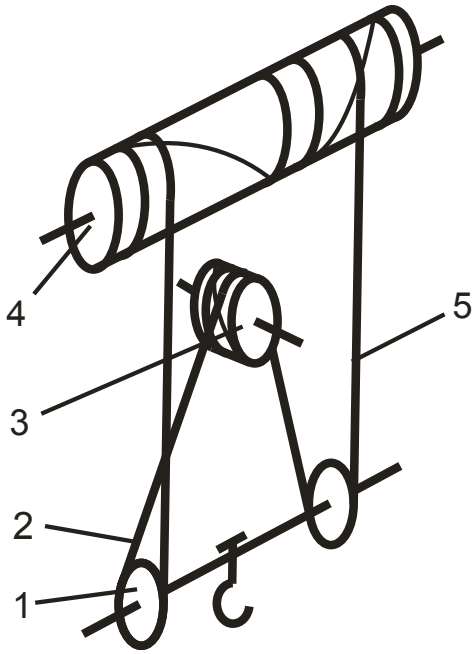
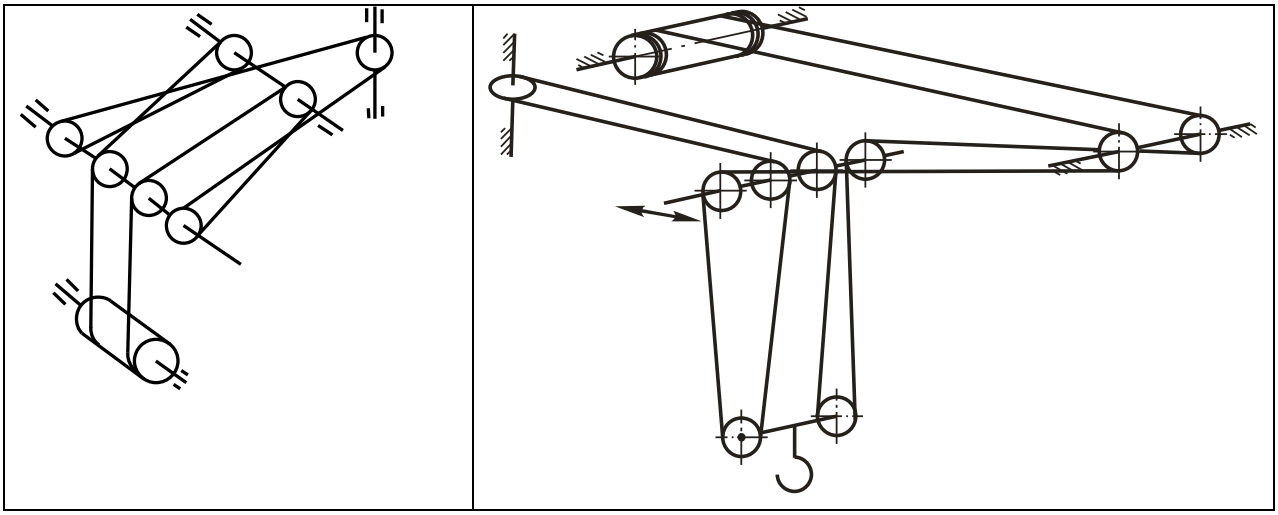


Рис.3. Схема сдвоенного полиспаста механизма подъема с уравнительным барабаном

Однако область применения уравнительного барабана ограничено сдвоенными полиспастами, в которых ось вращения уравнительного элемента занимает горизонтальное положение, так как в противном случае появляется возможность спадания витков канатов с барабана.

В других случаях, к примеру, в сдвоенном полиспасте механизма изменения вылета стрелы в стреловых кранах (рис.4,а), либо в сдвоенном полиспасте механизма подъема груза в мостовом кране машинного отделения (рис.4,б), следует изменить положение оси вращения уравнительного элемента на горизонтальное.

Либо необходимо использовать конструктивные решения, препятствующие спаданию витков канатов с уравнительного барабана при расположении его оси к углам наклона, близких к вертикальному.



а) б)

Рис.4

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Печников О.С. Так кто же виноват? // Подъемные сооружения. Специальная техника, 2002. – №11. – С.25 – 26.

УДК 629.5.018.2

Пресняков А.Д.,. Русов В.В.
Одесская национальная морская академия

Обеспечение технического обслуживания действующего лабораторного оборудования

В состав кафедры СВУ входят пять лабораторий, содержащих оборудование и системы вспомогательного характера: электрогидравлическая рулевая машина РЭГ-17, рулевая машина Р-06, лопастная рулевая машина РЭГ-7-ОВИМУ, системы пресной и забортной воды, системы топлива и масла, различные по конструкции жидкостные насосы, компрессор воздуха, швартовное устройство-брашпиль, разнообразные элементы реальных судовых вспомогательных механизмов в качестве наглядных пособий, в том числе аксиально-поршневых и радиально-поршневых насосов и гидродвигателей.

Особое место занимает лаборатория теории машин и механизмов, содержащая различные устройства балансировки и сжатия деталей.

Всё перечисленное оборудование находится в технически исправном состоянии и обслуживается техническим персоналом в лице заведующего лабо-раторией и лаборантов кафедры.

Имеющиеся стенды позволяют курсантам выполнять лабораторные работы для: построения натурных характеристик шестерённого, вихревого, центробежного насосов, вентиляционной установки, центробежного насоса с изменением направления вращения ротора; определения параметров рулевых машин Р-06, РЭГ-17 и другие. Имеется в достаточном количестве методическое обеспечение.

Наряду с лабораторными работами проводятся практические занятия по дисциплинам: ”Судовой объёмный гидропривод и рулевые машины”, “Судовые вспомогательные механизмы и системы”, “Общесудовые системы: эксплуатация и управление”, “Судовой гидропривод”. При этом используются учебники и учебные пособия, указанные в конце статьи.

Следует отметить, что имеющееся оборудование эксплуатируется более 50 лет. Это сказывается на увеличении частоты его отказов.

Так, при проведении лабораторных работ из-за износа вала ротора того или иного насоса приходят в негодность сальники. Это ставит под угрозу выполнение лабораторных работ. Коррозия баков с рабочей жидкостью повышает вероятность аварийного выброса жидкостей в пространство лаборатории. Слабым местом рулевых машин являются протечки масла из-за вынужденного нарушения правил их эксплуатации в зимних условиях. Температура масла должна быть не ниже 40°С, в то время, как температура воздуха в ла-бораториях, где находятся рулевые машины, не превышает 15°С, что нега-тивно сказывается на состоянии всех уплотнений рулевых машин.

Учитывая, что современные экономические трудности не позволяют приобрести ни новое лабораторное оборудование, ни запасные части для

имеющегося оборудования, коллектив кафедры принимает меры для поддержания лабораторного оборудования в удовлетворительном состоянии.

Эксплуатационная надежность и высокая эффективность лабораторного оборудования во многом определяются совершенством системы его технического обслуживания и ремонта. Своевременное техническое обслуживание насосных установок, которое проводится в соответствии с графиком работ, предупреждает появление неисправностей агрегатов и оборудования установок, увеличивает межремонтные сроки и повышает эксплуатационную надёжность.

Регламенты устанавливают обязательные для исполнения требования по организации и выполнению работ, а также обязательные требования к оформлению результатов этих работ.

Регламенты разработаны для обеспечения надежности и безопасности, регламентации и установления единообразия при проведении работ, а также унификации применения и обязательного исполнения требований соответствую-щих стандартов, правил и иных нормативных документов.

Регламент технического обслуживания и диагностического контроля насосных агрегатов является нормативно-техническим документом, регулирующим порядок организации проведения технического обслуживания, диагностического контроля и ремонтов насосных агрегатов.

В регламенте предусмотрена система технического обслуживания и ремонта оборудования на основе оценки его фактического состояния с сохранением основных положений системы планово-профилактического ремонта и ремонта по отказу.

Система технического обслуживания и ремонта по техническому состоянию включает в себя проведение технического обслуживания, диагностических контролей технического состояния, выполнение работ при регламентных оста-новках и восстановление работоспособного состояния в случае отклонения зна-чений диагностируемых параметров от установленных нормативно-технической документацией.

Основным документом в организации технического обслуживания и ремонта по фактическому состоянию является годовой график периодичности технического обслуживания, плановых диагностических контролей и регламентных остановок (или плановых ремонтов в случае обслуживания оборудова-ния по системе планово-профилактических ремонтов). Ремонт по фактическому техническому состоянию производится по результатам планового или внепланового диагностического контроля. Вид системы технического обслуживания и ремонта для каждого типа оборудования утверждается заведующим кафедрой.

Годовой график периодичности технического обслуживания, плановых диагностических контролей и регламентных остановок лабораторного оборудования составляется заведующим лабораториями за месяц до окончания текущего учебного года, согласовывается с заведующим кафедрой.

Исходными данными для составления графиков периодичности технических-кого обслуживания, плановых диагностических контролей и регламентных остановок являются показатели надежности каждого типа оборудования, информация о предусмотренных ранее техническом обслуживании, диагностических контролях, регламентных остановках, наработке и количестве пусков.

В случае принятия решения для какого-либо типа насоса о выполнении восстановительных работ через заранее определенные интервалы времени тех-ническое обслуживание, текущий, средний и капитальный ремонты выполняются в плановом порядке.

Контроль работоспособности насосных агрегатов осуществляется при проведении диагностических контролей (оперативного, планового, непланового) по параметрическим и виброакустическим критериям, а также по техническому состоянию отдельных узлов и деталей, оцениваемому при выводе насосов из эксплуатации.

По результатам диагностических контролей принимается решение о выводе насосов в ремонт (текущий, средний или капитальный) или их дальнейшей эксплуатации.

Оперативный диагностический контроль эксплуатационных параметров осуществляется визуально по показаниям контрольно-измерительной аппаратуры. Данные записываются в журнал (ведомость) оперативных диагностичес-ких контролей.

Оценка вибрации основных и подпорных насосов осуществляется по контрольно-сигнальной виброаппаратуре. Регистрация величины вибрации производится по каждой контролируемой точке при установившемся режиме.

Необходимость проведения каких-либо диагностических или проверочных работ по результатам оперативного диагностического контроля определяет инженер кафедры. Оперативный диагностический контроль насосных агрегатов включает в себя также их технический осмотр персоналом с необходимой пери-одичностью.

Периоды времени между плановыми диагностическими контролями определяются для каждого насоса с учетом прогнозных оценок предыдущего диагностического контроля, срока службы и показателей надежности данного насоса.

Плановый контроль осуществляют по графикам диагностических контролей. Контролируются среднеквадратичное значение и спектральные составляю-щие виброскорости на всех подшипниковых опорах в трех взаимноперпендикулярных направлениях и среднеквадратичное значение виброскорости на лапах насоса и электродвигателя или лапах подшипниковых стояков и раме электродвигателя в вертикальном направлении. Данные заносятся в паспорт(формуляр) насосного агрегата и составляется акт проведения планового диагностического контроля, которые хранятся у заведующего лабораториями кафедры СВУ.

При плановом диагностическом контроле производится определение КПД насосного агрегата. При отклонении напора насоса от базовых (послеремонтных) значений в сторону уменьшения на 4 % и более, а КПД насоса более 3-4 % в зависимости от типоразмера необходимо провести техническое обследование насосного агрегата, запорной арматуры и вспомогательных систем, включая обследование проточной части насоса на предмет обнаружения искажения отливки корпуса и рабочего колеса, некачественного выполнения литья и механической обработки.

Результаты определения КПД записываются в акт планового диагностического контроля или составляется отдельный протокол измерений.

Для вспомогательных насосных агрегатов измеряется интенсивность вибрации по величине среднеквадратичного значения виброскорости на корпусах подшипниковых узлов и на лапах крепления насосов к фундаментной плите или раме в вертикальном направлении.

Неплановый контроль проводят с целью определения неисправности насоса в следующих случаях:

- при резком изменении параметрических характеристик насосного агрегата, не связанном с изменением режима перекачки;
- если интенсивность вибрации, приведенная к номинальному режиму перекачки, в любой из контролируемых точек превысила 6,0 мм/с для основных и под-порных насосов или величину, равную 0,9 от предельно допустимого значения - для вспомогательных насосов ;
- если интенсивность вибрации превысила базовое значение в два раза;
- если интенсивность вибрации на лапах корпуса насоса превысила 1,8 мм/с;
- если при установившемся режиме перекачки происходит внезапное изменение вибрации на 2 мм/с от любого предшествующего измеренного уровня вибро-скорости на подшипниковой опоре;
- если температура подшипников изменилась на 100 °С относительно базового значения в определенных климатических условиях (зима, лето).

В объем непланового диагностического контроля входят работы планового контроля, а также проверка в зависимости от результатов оперативного диаг-ностического контроля и характера отклонений измеряемых величин:

- проверка центровки агрегата;
- осмотр и оценка технического состояния соединительной муфты;
- разборка подшипниковых узлов и осмотр деталей, контроль затяжки гайки;
- демонтаж и осмотр деталей торцовых уплотнений;
- измерение и анализ спектральных составляющих виброскорости в дополнительных точках в соответствии с методиками по вибродиагностике с целью определения причин повышенной вибрации и объема ремонтных работ.

Оформление результатов внепланового диагностического контроля осуществляется так же, как и при плановом диагностическом контроле.

Послеремонтный диагностический контроль проводится для проверки работоспособности оборудования после монтажа, модернизации, ремонта и для получения базовых характеристик. Во время послеремонтного диагно-стичес-кого контроля замеряются среднеквадратичное значение и спек-тральные составляющие виброскорости на всех подшипниковых опорах в трех взаимно-перпендикулярных направлениях и среднеквадратичное значе-ние виброскорости на лапах насоса и электродвигателя или лапах подшип-никовых стояков и раме электродвигателя в вертикальном направлении.

При техническом обслуживании насосов проводятся проверки: состояния фланцевых и резьбовых соединений, затяжки фундаментных болтов, уровня масла в маслобаках, герметичности маслопроводов и вспомогательных трубо-проводов, герметичности торцовых уплотнений ротора насоса, затяж-ки болто-вых соединений зубчатой или пластинчатой упругой муфт, равно-мерности зазо-ра по окружности между втулкой и диафрагмой беспромваль-ного узла, наличия всех болтов и их затяжки, герметичности уплотнения в разделительной стенке.

Кроме того, для насосов производится:

- дополнение смазки в опорно-упорные подшипники насосов;
- осмотр резиновых колец втулочно-пальцевой муфты;
- полная замена масла в корпусе упорного подшипника, смазки радиаль-ного подшипника промежуточного вала и зубчатой муфты насоса;
- проверка состояния фундаментных болтов, муфты соединения насоса с электроприводом;
- набивка или замена сальника насоса, смазка подшипников;
- подтяжка фланцевых соединений насоса;
- проверка герметичности запорной арматуры, трубопроводов, плавности открытия и закрытия задвижек и вентилей;
- устранение подтеков и неплотностей маслопроводов, трубопроводов утечки нефти и опорожнения насоса.

В объем ТО входят все работы, предусмотренные паспортами и инструк-циями по эксплуатации конкретных насосных агрегатов.

Одним из способов сохранения работоспособности лабораторных испы-тательных стендов является уменьшение коэффициента их использова-ния. Последнее становится возможным благодаря широкому внедрению средств аудиторной визуализации видеоматериалов с применением цифровых муль-тимедийных проекторов. Весь преподавательский состав кафедры СВУ про-водит работу по изготовлению учебных видеоматериалов для де-монстрации курсантам и студентам при проведении лабораторных и практи-ческих заня-тий.

В учебном процессе используются следующие учебники и учебные посо-бия:

1) В.М. Харин, О.Н. Занько, Б.Г. Дёкин, В.Т. Писклов «Судовые ма-шины, установки, устройства и системы». 2010г.

2) Харин В.М. «Судовые гидравлические рулевые машины» 2005г.

3) Б.Г. Дьокін «Судновий гідропривід» 2011р.
4) В.М. Харин, В.И. Скоморохов «Судовые воздушные компрессоры» 2008г.
5) В.М. Харин «Судовые центробежные сепараторы» 2006г.
6) И.Д.Колиев. «Судовые холодильные установки» 2009г.

УДК 629.5.011.2

К.т.н Денисов В.Г., асп. Тымкив А.В.
Одесская национальная морская академия

Исследования работы датчика износа

За последние годы в технике измерения и регулирования параметров различных процессов в самостоятельную отрасль выделилось изготовление и применение датчиков. Эта отрасль, постоянно развиваясь, служит основой создания разнообразных вариантов систем диагностики.

Наиболее ответственным элементом любой такой схемы является датчик, с помощью которого преобразуется информация о наличии частиц износа в системе смазки машин различного назначения, удобный для последующей регистрации и анализа данных. Если учитывать, что последующая регистрация и анализ будут проводиться с помощью электронной аппаратуры, то очевидна необходимость преобразования количества частиц износа в системе смазки, в электрический сигнал, тот или иной параметр которого (амплитуда, длительность и т.д.) однозначно был бы связан функциональной зависимостью с количеством частиц износа. В такой постановке задача определения количества частиц износа в системе смазки является типичной задачей измерения неэлектрической величины электрическими методами.

При выборе метода измерения количества частиц износа, в системе смазки компрессора, необходимо учитывать специфику его работы, причины выхода из строя и состав материалов пар трения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дедеш В.Т., Харитонов Г.А., Матвеевский Б.Р. и др. «Технология контроля предаварийного состояния авиационного двигателя по содержанию металлов в рабочем масле и перспективы ее развития» V Международный научно-технический симпозиум «Авиационные технологии XXI века» 1999 г., г. Жуковский, РФ.
2. Matveevsky B.R., et al. "Friction diagnostics for car filling station compressors", GAS vehicles, A Special Reprt to Russion Gas Industry Magazine, 1997.

3. Денисов В.Г., Матвеевский Б.Р. "Контроль состояния узлов трения судовых двигателей в процессе эксплуатации", "Вестник машиностроения", N9, 1989, с.20-21.

УДК 621.458

Асп. Тымкив А.В., к.т.н Денисов В.Г.
Одесская национальная морская академия

Мониторинг энергетических потоков СЭУ современных судов

Зависимость устойчивости развития мирового хозяйства от технико-экономического уровня водного транспорта определяет задачи сбалансированности системы и оптимальности формирования производственных и финансовых результатов. Последнее и определяет направления и проблемы развития морского транспорта [1].

Вследствие глобализации экономических отношений возрастает значение большинства локальных транспортных систем, которые лежат на маршрутах передвижения товарных масс между основными центрами производства и потребления. В то же время возможности рационального взаимодействия в системе мультимодальных транспортных технологий позволяют каждой стране в пределах инвестиционных возможностей обеспечить нормальную работу национальных зон мультимодальных транспортных маршрутов.

Многоаспектность экономических проблем и хозяйственных задач устойчивого функционирования морского транспортного комплекса, обусловленных ходом реализации программных целей, предопределяет наличие системы взаимоувязанных критериев эффективности реализации экономических процессов. Главным предназначением системы критериев следует считать достижение и поддержание адекватности состояния локальных, региональных и мегатранспортных комплексов законам спроса и предложения на рынке транспортных услуг.

Отдельно стоят критерии рациональности и стабильности функционирования флота по максимуму предпринимательской эффективности. Совокупность критериев позволяет обеспечить стабильность экономического состояния судоходных компаний при полном удовлетворении спроса на грузовые перевозки.

Основным направлением развития морского флота на современном этапе является специализация судов, усложнение судовых технических средств (СТС), увеличение интенсивности их использования, возрастание степени автоматизации процессов управления и контроля. Это привело к увеличению объема работ по техническому обслуживанию (ТО), повышению сложности процессов поиска неисправности, методов прогнозирования остаточного ресурса.

Долгосрочная тенденция к повышению цен на энергоносители и ужесточение требований к экологической безопасности определяет тенденцию увеличения доли расходов на техническую эксплуатацию СТС в общих эксплуатационных расходах судовладельцев. В связи с этим совершенствование технической эксплуатации (ТЭ) СЭУ представляет собой комплекс важных научно-технических и экономических проблем [1].

Выбор концепции развития национального торгового флота должен предусматривать кроме общего объема перевозки также оптимальность качественных показателей транспортного процесса. К сожалению, система показателей принятия решений и оценки конкурентоспособности имеет ряд недостатков. Она не содержит показатели, отражающие безотказность судовой техники и эффективность использования энергии. Поэтому система ценообразования на фрахтовом рынке слабо реагирует на эти показатели.

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

Из многих препятствий, стоящих на пути решения, следует выделить противоречие между разнообразием механизмов и оборудования СЭУ, их высокой сложностью, степенью автоматизации и отсутствием единого подхода к оценке его технического состояния [2].

Рост объема информации о функционировании механизмов СЭУ и техническом состоянии с одной стороны, и, сдругой стороны, ограниченность возможностей судового экипажа для обработки и анализа этой информации, постоянная тенденция к сокращению экипажей, совмещения смежных специальностей, создает предпосылки к тому, что вахтенная команда не в состоянии своевременно предотвратить возможный отказ, потери энергии и своевременно принять меры к их устранению.

Поэтому важнейшей проблемой на современном этапе является решение задач по повышению эффективности использования энергии и прогнозированию остаточного ресурса СТС. Это позволит поднять конкурентоспособность национального торгового флота и повысить показатели работы судов на фрахтовом рынке.

Резервы в решении этой проблемы кроются в использовании информации о параметрах работы СЭУ, разработке новых методов, датчиков, устройств на основе современных достижений в области информационных технологий, которые дадут новые возможности для получения информации о предстоящих отказах и пути устранения причин их возникновения.

Проблемы технической эксплуатации СЭУ не могут рассматриваться в отрыве от проблемы получения информации в необходимом количестве об изменениях в общем энергетическом и вещественном балансе поступления, преобразования и отвода энергии и вещества. Общая схема энергетического баланса СЭУ приведена на рис. 1.

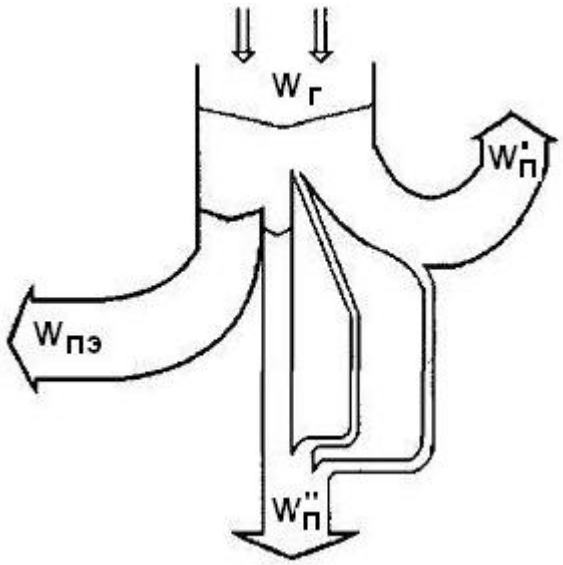


Рис.1. Схема общего энергетического баланса СЭУ:

$W_{\text{г}}$ - энергия, подводимся в результате реакции горения;

$W_{\text{пэ}}$ - полезная энергия;

$W'_{\text{п}}$ - потери энергии в окружающую среду;

$W''_{\text{п}}$ - потери энергии с СЭУ

Для решения задачи предложено осуществить анализ баланса энергии и вещества в современной СЭУ. Общий к.п.д. СЭУ можно определить из уравнения:

$$\eta = \frac{W_{\text{пэ}}}{W_{\text{г}}}\ , \qquad \textbf{(1)}$$

где $W_{\text{г}}$ - энергия, полученная при сгорании топлива,

$W_{\text{пэ}}$ - полезная энергия.

С другой стороны, зная величины потерь в СЭУ можно записать следующее выражение:

$$W_{\text{пэ}} = W_{\text{г}} - \sum_{i=1}^{n} W_i \qquad (2)$$

где W_i - i-ая составляющая энергетических потерь.

Все потери можно разделить на следующие группы:

а) $W'_{\text{п}}$ - потери энергии в окружающую среду;

б) $W''_{\text{п}}$ - внутренние потери энергии.

Механический к.п.д.

$$\eta_M = \frac{N_n}{N_\partial},$$

где N_n - полезно используемая мощность;

N_∂ - мощность, подведенная для движения машины.

Общий механический к.п.д., состоящий из последовательно соединенных механизмов

$$\eta_{общ} = \frac{N_n}{N_\partial} = n\eta_1 \cdots \eta_n,$$

где

- к.п.д. отдельных механизмов.

Общий механический к.п.д. для параллельно соединенных механизмов соединенных механизмов

$$\eta_{общ} = a_1\eta_1 + a_2\eta_2 + \cdots + a_n\eta_n = \sum_{i=1}^{i=n} a_i\eta_i,$$

где a_i - дробные числа, харакактеризующие распределение мощности между отдельными машинами. При этом

$$a_1 + a_2 + \ldots + a_n = 1.$$

Термический к.п.д. цикла теплового движения определяется

$$\eta_т = \frac{q_1 - q_2}{q_1},$$

где q_1 - тепло подведенное к рабочему телу;

q_2 - тепло отданное холодильнику.

Однако работа механизмов характеризуется не только потерей энергии, но и потерей вещества в процессе трения и изнашивания деталей и узлов СЭУ.

Вопросам исследования энергетических потоков посвящены многочисленные работы: В. М. Горбова, В. В. Тарапаты, В. А. Шишкина, В. П. Шостака и др., однако проблема энергетических потоков, связанных с потерей материи деталей и узлов СЭУ, до сих пор в полной мере не освещена. Основное внимание было сосредоточено на изучении и исследовании параметров рабочего процесса, таких как давление и температура, потери энергии в охлаждающую воду и атмосферу, вибрация, шум и т.д. [3].

В то же время потери энергии на трение и износ сопровождаются разрушением сопряженных поверхностей и деталей наиболее ответственных узлов СЭУ. Эти процессы связаны преобразованием и отделением материи в виде продуктов изнашивания (ПИ), которые поступают в смазочное масло, выпускные газы, рабочую жидкость, сжатый воздух и т.д. Поэтому целесообразно рассмотреть механический коэффициент полезного действия механизма не только как отношение полезной и использованной энергии, но и , с точки зрения изменения потерь, на трение и потерь материи в результате процесса изнашивания деталей и узлов СЭУ.

Общая схема подвода и потерь энергии и вещества в СЭУ приведены на рис.2.

Рис. 2. Общая схема подвода и потерь энергии и вещества в СЭУ

Однако определение характера изменений подводящейся и отводящейся энергии в процессе эксплуатации СЭУ сопряжено с определенными трудностями.

В то же время изменение интенсивности потери вещества с продуктами изнашивания (ПИ) с использованием современных датчиков является вполне реальной задачей [4].

Схема поступления ПИ в масло, рабочие жидкости и окружающую среду приведена на рис.3.

Поэтому можно предложить новое понятие – экологический к.п.д. - $\eta_{эк}$, который может характеризовать изменение в скорости потери вещества в результате процессов трения и изнашивания в узлах трения и потери вещества в результате теплового сгорания топлива

$$\eta_{эк} = \frac{G_т}{G_{пн} + G_{нс}},$$

где $G_т$ - масса вещества, подведенного с топливом;

$G_{пн}$ - масса продуктов изнашивания, поступивших в рабочую среду;

$G_{нс}$ - масса продуктов неполного сгорания.

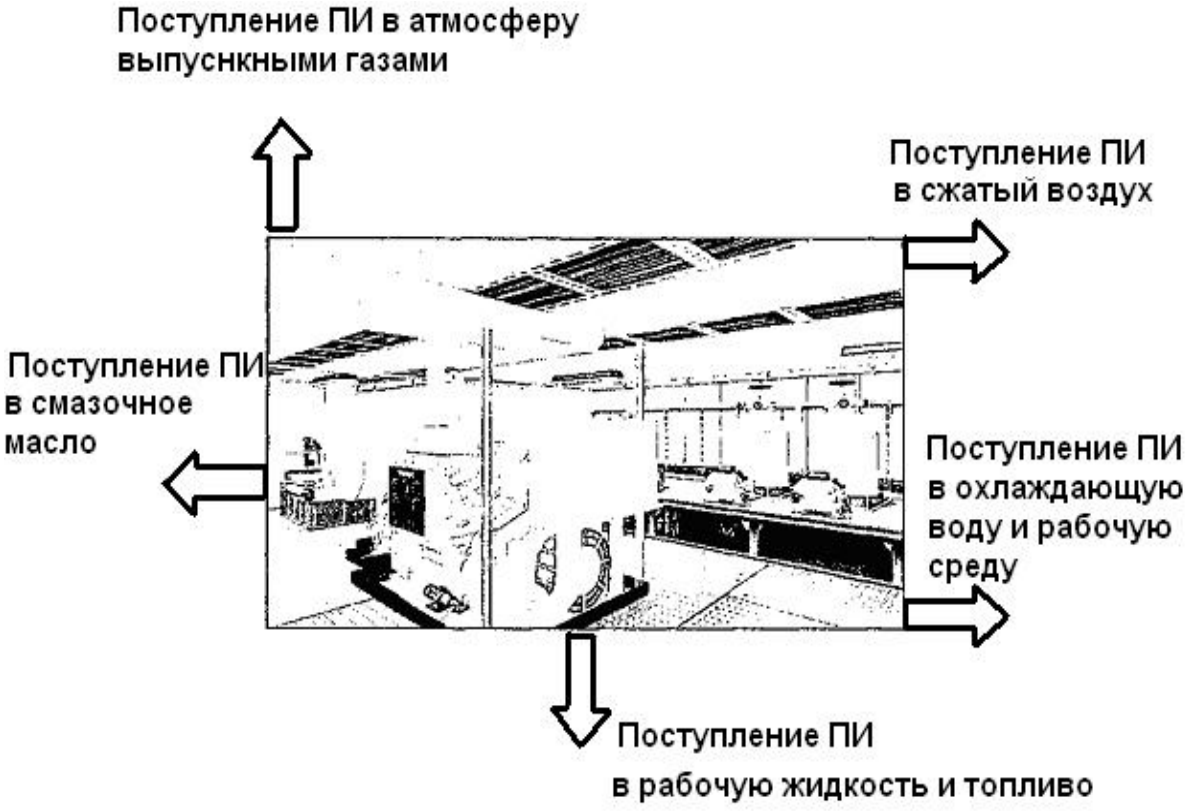


Рис. 3. Схема поступления ПИ в масло, рабочую жидкость и окружающую среду

Процесс отказа узла трения, как правило, связан с изменением зазора между сопряженными деталями, который в свою очередь связан с изменением линейных размеров сопряженных деталей. Изменение линейных размеров деталей связано с потерей материи в результате процесса изнашивания и связано с массой продуктов изнашивания, отделившихся в зоне трения [4].

Массу металла $G_к$, снятую за k-й срок службы, подсчитывают по уравнению баланса. При этом некоторые трудности возникают с определением составляющей баланса, учитывающей продукты износа, выпадающие в осадок и задерживаемые фильтрами. Тогда с достаточной для практических целей точностью массу металла, теряемую деталями за определенный срок, можно рассчитать по уравнению баланса с применением средних показателей. Уравнение имеет следующий вид:

$$G_к = \frac{1}{100} G_м \frac{\sum_1^n C_i}{n} + t_к q_у \frac{\sum_1^n C_i}{n} \varphi + G_{м.о} C_{м.о} \qquad (3)$$

где $G_м$ – масса масла в системе, кг;

$G_{м.о}$ – масса осадка, за срок службы, кг;

C_i – концентрация элемента индикатора в масле i-го измерения, %;

$C_{м.о}$ – концентрация элемента индикатора в осадке, %;

$t_к$ – срок службы k-ой смены масла, ч;

$q_у$ – удельные потери жидкости или газа на угар или утери, г/ч;

φ - коэффициент, учитывающий унос элементов с потерями;

n –количество замеров за определенный период.

Так как в основу уравнения (3) положено среднее содержание элементов износа в рабочей среде за определенный промежуток времени работы механизма, то достоверность определения $G_к$ зависит от количества измерений n, выполненных в определенный период.

Прогнозирование осуществляется сравнением массы металла G (износ), снятого с трущихся поверхностей с начала работы до момента прогнозирования, с допустимым (предельным) $G_{доп}$, которое может быть снято с поверхности детали, прежде чем наступит ее отказ. Значение $G_{доп}$ находят из зависимости

$$G = k \cdot f,$$

где f – линейный износ,

k – коэффициент.

Задаваясь величиной линейного износа, при которой обеспечивается заданная вероятность безотказной работы механизма, осуществляется прогноз остаточного ресурса.

Контроль поступления ПИ позволяет не только контролировать изменения механического и экологического к.п.д., но и давать информацию о характере процесса трения и изнашивания в основных узлах СЭУ и изменения их технического состояния.

Таким образом, предложенный метод мониторинга характера изменения механического и экологического к.п.д. может служить интегральным критерием эксплуатационной эффективности современной СЭУ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миюсов М. В., Примачев Н. Т., Винников В. В., Винников С. В., Примачева Н. Н. Стратегия позиционирования национального морского транспорта в глобальном транспортном рынке / Под общей ред. Н. Т. Примачева. – Одесса: Автограф, 2006. – 234 с.
2. Денисов В. Г. Мониторинг процесса изнашивания узлов трения СЭУ // Сучасні проблеми триботехніки. – Николаев, 2007. – С. 120-122.
3. Шостак В. П. Потоки енергії в дизельних установках морських суден. – Николаев, УДМГУ, 1997. – 57 с.
4. Гугуев О. Е., Денисов В. Г., Яцына К. В. Прогнозирование ресурса судовых механизмов и узлов с помощью датчика износа // Проблеми техніки: Науково-виробничий журнал.- Одесса. Диол-Принт, 2007. – №1. – С. 97-103.
5. Голиков В. А. Проблеми експлуатації перспективних морських засобів транспорту // Материалы конференции «Сучасні проблеми судової енергетики -2007». – Одесса, 2007. – С. 11-12.

УДК 629.5.035.8

Сапига В.В., доц. Логишев И.В.

Одесская национальная морская академия

Методика расчета динамики судового валопровода на основе конечно-элементной модели

На современном этапе развития судовой энергетики, характеризуемом увеличением ресурса и повышением требований по безотказности энергетических установок в условиях постоянного роста удельных мощностей главных двигателей, прагматически значимым становится совершенствование функциональных свойств роторных систем, обеспечивающих передачу крутящего момента от двигателей к движителям. Долговечность и безотказность судовых валопроводов, в первую очередь, зависят от режима работы трибосопряжения в опорах. Под воздействием конструктивных, режимных и эксплуатационных факторов в подшипниках активизируются трибомеханические и реологические процессы, которые способствуют рассеиванию подведенной механической энергии как по деструктирующим механизмам, вызывающим повышенную вибрацию ротора и износ опорных узлов, так и по защитным – в реализации которых заложены резервы поддержания энергоэффективности и ресурсоемкости судовых валопроводов.

Основными факторами, влияющими на характер и интенсивность колебаний судовых валопроводов, являются статические, динамические и циклические внешние нагрузки, потоки тепла и вещества, физико-химические процессы в подшипниках. Воздействия этих факторов вызывают рост силовых и тепловых напряжений, деформацию элементов роторной системы, структурные и фазовые превращения в смазочном слое гидродинамических подшипников и другие процессы. Поэтому исследование динамики судовых валопроводов следует осуществлять как в механико-математическом аспекте анализа общих закономерностей подвижного равновесия роторной системы, так и в аспекте термодинамического анализа процессов энергопреобразования в опорах.

Традиционной практикой динамического анализа устойчивости подвижного равновесия валов является моделирование на основе уравнений Лагранжа, основных теорем динамики и канонических уравнений Гамильтона [1, 2], однако их применение в нелинейном программировании требует значительных усилий при построении моделей подвижных систем с потоками энергии различных видов. В появившихся достаточно недавно работах [3, 4, 5] авторам данных исследований удалось уйти от обособленного рассмотрения явлений, происходящих в роторной системе, и перейти к динамическому анализу комплекса «ротор – подшипники», представляющего собой автоколебательную систему с устойчивым предельным циклом, размеры которого удовлетворяют условиям работоспособности подшипников в широком диапазоне рабочих частот вращения ротора. Устойчивость и колебания валов рассмотрено с учетом влияния внутреннего трения в материале ротора, различия в главных моментах инерции сечения, податливости опор и других факторов, определяющих виброустойчивость роторной системы. Распространение моделей и методов динамического анализа этих работ на объекты судовой техники связано с адаптацией расчетных методик к условиям работы многопролетных низкооборотных валов с гидродинамическими подшипниками на индивидуальной смазке в составе энергетических установок судов транспортного, промыслового, технического и военно-морского флота.

Анализ последних исследований и публикаций показал отсутствие адекватных современным требованиям научных результатов и созданных инструментальных средств динамического анализа судовых валопроводов с гидродинамическими подшипниками на индивидуальной смазке. Исходя из этого, совершенствование методов анализа динамики судовых валопроводов с гидродинамическими подшипниками на основе конечно-элементной (КЭ) модели объекта исследования позволит обеспечить заданные показатели эксплуатационной надежности и живучести данной роторной системы на неспецификационных режимах, обусловленных эксплуатационными воздействиями и аварийными повреждениями энергетической установки и судна в целом.

Наиболее информативным является изучение динамики судового валопровода на основе анализа траекторий движения центров цапф, по форме и

размерам которых можно судить о динамических процессах с учётом нелинейности реакций опор. На рис. 1 представлена расчётная схема судового валопровода траулера типа «Антарктида» для анализа пространственного смещения и движения вала относительно центра подвижного равновесия.

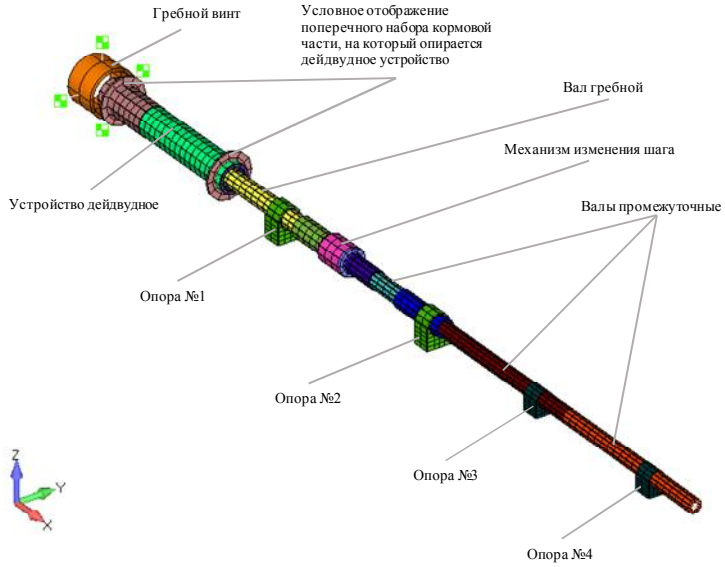


Рис. 1. Расчетная КЭ модель судового валопровода траулера типа «Антарктида»

При создании КЭ модели судового валопровода консоли и пролеты балок разбиваются на отдельные элементы (ступени) конечных размеров с постоянными по их длине значениями распределенных нагрузок q и жесткостей EI. Предполагается, что нагрузки в форме сосредоточенных сил F и изгибающих моментов $M_{(i\text{-}1)}$ действуют (если они не равны нулю) на левом конце элемента (рис. 2), а между собой все элементы состыковываются исходя из условия обеспечения силового равновесия (перерезывающих сил и изгибающих моментов) и равенства деформаций (углов поворота и смещений) сопрягаемых сторон.

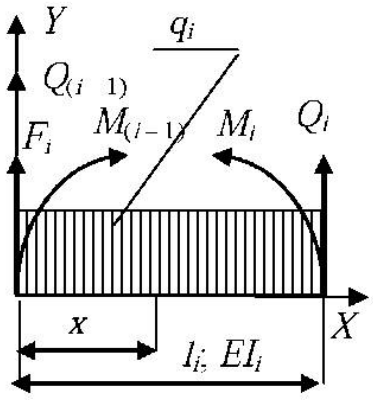


Рис. 2. Элемент балки и его нагрузки

Используя подход, изложенный в работе [5], уравнение движения элементов n- массовой модели судового валопровода представим в матричном виде:

$$[M]\{\ddot{\varphi}\}+[B]\{\dot{\varphi}\}+[C]\{\varphi\}=\{Q(t)\}, \qquad (1)$$

где $\{Q(t)\}$ – матрица-столбец обобщенных возмущающих моментов;

$[M]$ – матрица моментов инерции;

$[B]$ – матрица коэффициентов демпфирования;

$[C]$ – матрица жесткостей элементов судового валопровода;

$\{\ddot{\varphi}\}$, $\{\dot{\varphi}\}$, $\{\varphi\}$ – матрицы-столбцы узловых ускорений, скоростей и перемещений:

$$\{\ddot{\varphi}\}=\begin{Bmatrix}\ddot{\varphi}_1\\ \ddot{\varphi}_2\\ \cdots\\ \ddot{\varphi}_n\end{Bmatrix},\ \{\dot{\varphi}\}=\begin{Bmatrix}\dot{\varphi}_1\\ \dot{\varphi}_2\\ \cdots\\ \dot{\varphi}_n\end{Bmatrix},\ \{\varphi\}=\begin{Bmatrix}\varphi_1\\ \varphi_2\\ \cdots\\ \varphi_n\end{Bmatrix}.$$

Математически уравнение (1) представляет собой систему линейных дифференциальных уравнений второго порядка, а её решение может быть получено с помощью стандартных процедур анализа дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.

В качестве метода решения уравнения (1) воспользуемся методом прямого интегрирования, реализованном в программном продукте NX Nastran и обладающем лучшими характеристиками точности и устойчивости [6].

В качестве типового алгоритма расчета колебаний судового валопровода воспользуемся последовательностью, принятой в работах Истомина П.А., Терского В.П., Ефремова Л.В.

Действительная схема судового валопровода траулера «Антарктида» заменяется эквивалентной дискретной системой, выполненной в виде КЭ модели (рис. 1), и позволяющая проводить численный расчет с учетом заложенных характеристик реальных материалов и моделирования условий эксплуатаций, присущих реальному образцу.

Производится расчет свободных колебаний, определяются динамические свойства рассматриваемого судового валопровода и выявляются резонансные частоты – на рис. 3 возникновение резонанса КЭ модели судового валопровода иллюстрировано повышенными виброперемещениями промежуточного вала между 1 и 2 опорами. Полученные на этом этапе результаты используются при расчете вынужденных колебаний многопролетной конструкции.

1. Определяются возмущающие моменты сил, действующих на элементы конструкции.

При определении величины упорного давления на гребном винте учитывалось, что точка его приложения относительно оси вращения валопровода имеет смещение и наклон (рис. 4, *а*), а сама величина силы *T* и её наклон к диску вращения винта изменяются в зависимости от неравномерности потока, набегающего на лопасти винта и зависящего от осадки судна, оборотов линии вала и гидрометеоусловий в районе плавания судна.

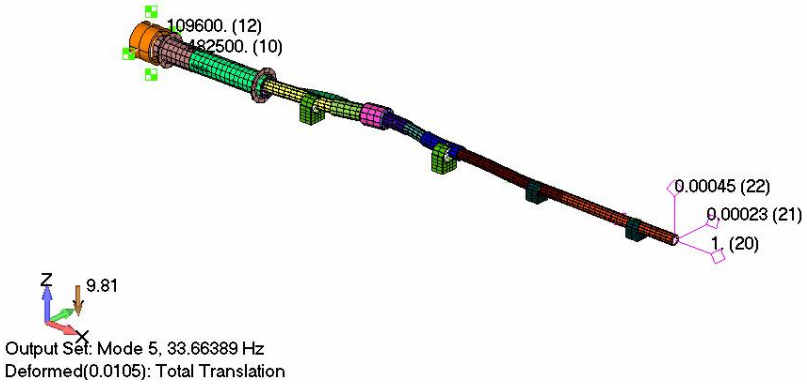


Рис. 3. Форма изгибных колебаний в глобальной вертикальной плоскости

33,7 Гц (одна из резонансных частот)

При этом, проекция силы упора T_x *на ось* X*, проходящую через ось гребного винта и упорного подшипника, вызывает сжимающие усилия в судовом валопроводе. В результате деформации валопровода возникают изгибные напряжения, приводящие к появлению дополнительных реакций на опорных узлах. Вследствие действия гидродинамической нагрузки на винт к статической величине упора* T *добавляется знакопеременная динамическая составляющая упора* $T \pm \Delta T$*, которая приводит к возникновению дополнительных реакций на опорах (рис. 4,* б*).*

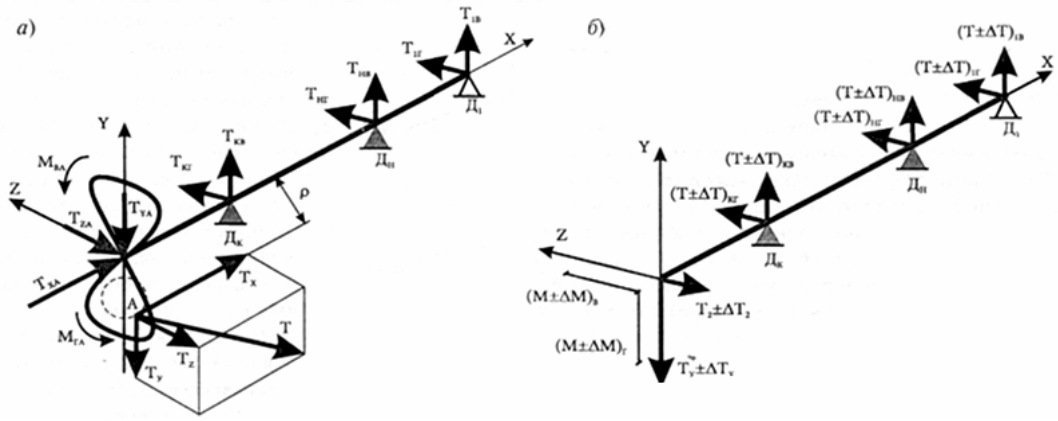


Рис. 4. Усилия в валопроводе от гидродинамической нагрузки и от действия винта:

а – усилия; б – дополнительные нагружения

В реализованном алгоритме задача разбивается на два этапа: расчет силы упорного давления на гребном винте T *проводился с использованием методики, разработанной компанией MAN Diesel&Turbo, а знакопеременная динамическая составляющая упора* ($\pm \Delta$T) *определялась на основе исследований, результаты которых отображены в статье [7].*

Схема судовой энергетической установки траулера «Антарктида» включает в себя дизельный двигатель, связанный с судовым валопроводом посредством редуктора. Поэтому задача моделирования возмущающих усилий со стороны двигателя сводится к задаче определения усилий на выходном фланце главного агрегата. В качестве исходных данных взяты значения

допустимых уровней виброактивности из нормативного документа Классификационного общества − «Lloyd`s Register».

2. Механизмы взаимодействия сил вязкого трения и инерции смазочного материала гидродинамических подшипников, которые уравновешивают квазистационарные и гармонические нагрузки на вал путём перераспределения кинематических, тепловых и реологических параметров смазочного слоя, формализуются в виде математической модели, основанной на решении системы уравнений сохранения количества движения, массы и энергии для характерных участков гидравлического тракта, адаптированной к условиям индивидуального смазывания. Реакции смазочного слоя подшипников задаются в виде коэффициентов жесткости и демпфирования опорных узлов.

3. Выполняется расчет вынужденных нерезонансных колебаний.

Как видно из представленного алгоритма, первые четыре пункта расчета по существу представляют собой подготовительную часть полного расчета, на основании которого определяются амплитуды колебаний и напряжения на характерных участках судового валопровода. В то же время, в предлагаемом алгоритме не предусмотрен расчёт резонансных амплитуд и напряжений (по результатам расчета свободных колебаний – первая околорезонансная частота составляет 30,4 Гц), а также не выявлялись границы запретных зон, что не идет в разрез с положениями нормативных методик Терского В.П., Ефремова Л.В.

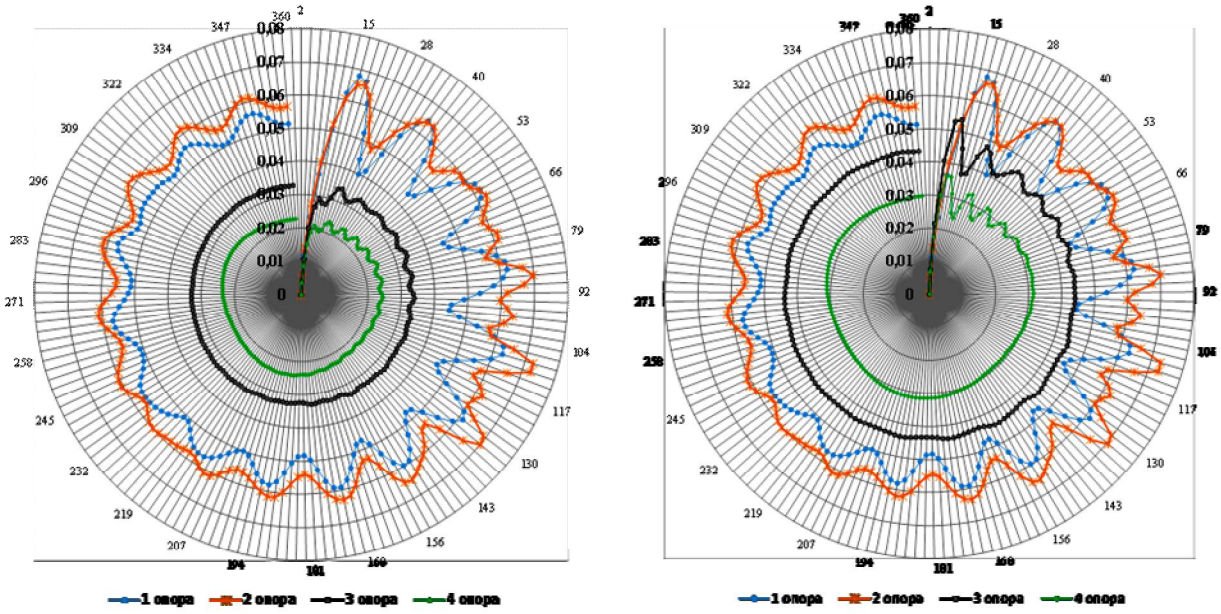
4. Анализируются и обобщаются данные динамического анализа валопровода.

Прокомментируем некоторые результаты динамического анализа многоопорного валопровода РКТС «Антарктида», основанного на аналитическом представлении основных действующих факторов.

Гидромеханическая часть роторной системы, которая включает в себя опорные и упорные подшипники, гидравлические муфты и демпферы, системы их питания, играет противоречивую роль в динамике судового валопровода. С одной стороны, обладая демпфирующими свойствами, они могут гасить вибрацию ротора; однако, с другой стороны, при определенных условиях рабочие тела гидромеханических трибосистем могут сами стать источниками самовозбуждающихся колебаний валов высокой амплитуды, которые способны привести к потере работоспособности судового валопровода. Поэтому при имитационном моделировании отдельное внимание необходимо уделять изучению влияния специфических явлений в смазочном слое, связанных с дестабилизацией сдвигового потока в условиях неспецификационного нагружения опорного узла, изменением исходной реологии и режима течения смазочного материала, непостоянством расходных характеристик системы питания подшипников рабочей жидкостью. Так, результаты анализа устойчивости судового валопровода при поступлении воды в индивидуальную систему смазки радиальных гидродинамических подшипников свидетельствуют об увеличении жесткости смазочного слоя при одновременном уменьшении его толщины. Хотя было установлено, что обводнение масла в

пределах $k \leq 15\%$ даже в двух последовательно установленных опорах практически не изменяет характера пространственного движения судового валопровода, дальнейшее наростание водосодержания в смазочном слое приводит к более резкому отклику системы на возмущение (рис. 5). При этом, демпфирующие свойства подшипников скольжения ухудшаются вследствие деструктирующего действия дисперсной фазы на структурную упорядоченность потока минерального масла в клиновидном зазоре. Вышеуказанное подтверждает актуальность дальнейших исследований влияния аномалий реологии смазочной жидкости на упруго-демпфирующие свойства подшипников различных типов и, как следствие, устойчивость колебательного движения многоопорных валопроводов судовых энергетических установок.

Анализ соответствия результатов имитационных экспериментов заданным критериям качества достигаемых целей, произведенный с использованием данных экспериментов на физических моделях, показал, что суммарная погрешность от упрощений при постановке задачи, выбора исходных зависимостей и методов расчёта не превышает 6 – 9%.



Спецификационные условия работы валопровода

Обводнение смазки: опоры 1, 2 – k = 30%,

опоры 3, 4 – k = 15%

Рис. 5. Круговые диаграммы виброперемещений осей цапф по траекториям подвижного равновесия в опорах судового валопровода на номинальной частоте вращения, мм

Таким образом, полученная методика решений системы уравнений динамики ротора, дополненная законами сохранения количества движения, массы и энергии для характерных участков гидравлического тракта опорных узлов, служит средством параметризации процессов удержания осей и стабилизации колебаний судовых валопроводов. Результаты имитационных экс-

периментов на разработанной КЭ-модели объекта исследования отвечают заданным критериям качества достигаемых целей. Дальнейшее развитие методов анализа динамики судовых валопроводов целесообразно вести в направлении усложнения КЭ модели системы «валопровод – подшипники – набор корпуса судна» в целях максимального приближения её к реальным условиям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольдин А.С. Динамика роторных машин / А.С. Гольдин. – М.: Машиностроение, 1999.– 344 с.

2. Childs D. Turbomachinery rotordynamics: phenomena, modeling and analysis / D. Childs.– New York: Wiley-Interscience, 1993. – 496 p.

3. Савин Л.А. Моделирование роторных систем с подшипниками скольжения / Л.А. Савин, О.В. Соломин. – М.: Машиностроение, 2006. – 444 с.

4. Gasch R. Rotordynamik / R. Gasch, R. Nordmann, H. Pfutzner. – Berlin: Springer, 2005. – 699 s.

5. Лашко В.А. Матричные методы в расчетах крутильных колебаний силовых установок с ДВС: [уч. пособие] / В.А. Лашко, М.В. Лейбович.– Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2003.– 211 с.

6. Рычков С.П. Моделирование конструкций в среде Femap with NX Nastran / С.П. Рычков.– М.: ДМК Пресс, 2013.– 784 с.

7. Бражко А.С. Решение задач о работе гребного винта в косом набегающем потоке с помощью программного комплекса FLOW VISION / А.С. Бражко, Ю.М. Король // Зб. наук. пр. НУК [сер.: Кораблебудування]. – Николаев, 2012.– Вып. 2.– С. 30–34.

УДК 621.614.3.629.501.13

Бойко П.А.
Одесская национальная морская академия

Учет пространственного перемещения спг в системе судно – терминал – судно

Техническая эксплуатация СПГ – судов, связана с ведением учетной документации. Форма отчетности по проведению грузовых операций, не имеет единой и отработанной международной формы для СПГ – судов и терминалов. По этой причине, важно, чтобы учетная документация не различалась как по существу, так и в деталях и отвечала основным требованиям: отчет должен быть максимально развернутым, информировать о количестве груза на бору судна перед погрузкой, или оставшегося после выгрузки; отдельно

необходимо указывать содержание груза в паровой фазе, объемном и массовом выражении.

Все расчеты по СПГ грузу ведутся в системе единиц СИ, для стандартной температуры 15оС (228К) и соответствовать следующему порядку:

1. Определяется средняя температура жидкости и пара в танке.
2. Определяется давление в паровом пространстве.
3. Производится замер уровня жидкости, по которому определяется ее объемное содержание в танке *($V_{T,}$ м^3)* по средней температуре с корректировкой на стандартную температуру *($t = 15^oC$)*, дифферент и крен с использованием имеющихся на СПГ – танкере таблиц и диаграмм.
4. Определяется плотность к значениям стандартной температуры *($\rho 15^oC$, $\gamma 15^oC$)* в кг/м^3 или (кг/л, т/м^3).

5. Рассчитывается масса *M* и вес *G* жидкости в вакууме и в воздухе:

$$M_{ж.вак} = V_{15o} * \rho_{15o} C_{вак} \text{ и } M_{ж.возд} = V_{15o} * \rho_{15o} C_{возд} ;$$
$$G_{ж.вак} = V_{15o} * \gamma_{15o} C_{вак} \text{ и } G_{ж.возд} = V_{15o} * \gamma_{15o} C_{возд} .$$

Определятся плотность пара в вакууме $\rho^{t}_{п.вак}$, кг/м^3, по уравнению состояния и его параметрам в куполе, т.е. верхней части танка:

$$\rho t_{п.вак} = \frac{P_t}{R_п T_t},$$

а также плотность груза ρвозд в воздухе с плотностью ρtвозд, при температуре t:

$$\rho t_{возд} = \rho t_{вак} - \rho t_{возд.}$$

Полученный отрицательный результат указывает на то, что газ (пар, насыщенный или перегретый) легче воздуха при температуре t. Приведение значений плотности к стандартной температуре (15оС) по уравнению состояния и определения массы пара производится следующим образом:

$$\frac{\rho_{п.15^o C}}{возд} = \frac{\rho_{п.15^o C}}{вак} - \rho_{возд.15^oC};$$

$$M\frac{15^o C}{п.возд} = V_П \rho \frac{15^o C}{п.возд}.$$

Общая масса груза в воздухе при *15^oC* будет представлена следующим выражением:

$$M\frac{15^o C}{груз} = M\frac{15^o C}{ж.возд} + M\frac{15^o C}{п.возд}.$$

Эти простые расчеты применительно к танкам терминала, будут усложняться в процессе определения объема, занятого грузом в паровой фазе, и особенно его частью, находящейся в процессе пространственного переме-

щения в грузовых, перепускных трубопроводах и в системе возвратного пара. На многих терминалах используют упрощенный подход к оценке груза в танке в его паровой части. *0,3 – 0,45%* зарегистрированного измерениями количества принятого или отданного груза, относится к паровой фазе. При приеме груза этот объем вычитается из предыдущего, до начала грузовой операции, объема пара, а при выгрузке суммируется к нему. Одним словом, в первом случае пар вытесняется прибывающей в танк жидкостью, во втором случае пополняет объем ушедшей из танка жидкости. В обоих случаях массовое количество этого груза составляет *0,375%* от количества принятого в танк или отданного из него груза.

При оценке массы пара, перемещенного в танк или изъятого из него, допускается, что температура жидкости и пара одинаковы, так же как и изменения объема жидкости и компенсирующего его пара. При этом отношение количеств жидкости и пара в этом объеме должно быть равно отношению плотностей пара и жидкости в нем.

Все современные терминалы оборудованы точными измерительными приборами и измерительно-регистрационными системами, электронными регистраторами жидкости и пара. Одновременная регистрация температуры жидкого груза и пара, позволяет фиксировать данные по перемещаемой массе груза в трубопроводах в жидкой и паровой фазах, которые постоянно регистрируют системы самописцев.

Все методы и системы измерительных приборов остаются актуальными и востребованными. Подходы и методы измерения пространственного перемещения груза взаимно контролируют друг друга, позволяют своевременно установить и устранить как технические, так и методические недостатки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Загурченко В.А. Морские газовозы. Установки повторного сжижения / Загурченко В.А., Журавлев А.М. – Л.: Судостроение, 1974. – 134 с.
2. Костылев И.И. Морская транспортировка сжиженного газа / Костылев И.И., Овсянников М.К. ГМА им. Макарова, 2009. – 304 с.
3. Матеріали науково – технічної конференції «СЕУ: експлуатація та ремонт», 20.03.2013 – 22.03.2013. Частина 1. – Одеса: ОНМА, 2013. – 175 с.
4. Kyung-Kuen Kim. Termal Desing of Membrane Type LNG Carrier / Kyung-Kuen Kim, Yang-bum Chae, Soon-ho Choi, Hyung-kue Choi IAMU, Pussan, Korea, 2007.

УДК 629.5.061-233.2

Доц. Кардаш В. П., асп. Ефремов И. Н.
Одесская национальная морская академия

Повышение долговечности судовых устройств.

Современное морское судно является сложнейшим техническим сооружением, для создания которого используется накопленный веками опыт, а также новейшие достижения науки.

Судовые устройства (СУ) играют решающую роль в обеспечении надежной и эффективной эксплуатации морских судов, а также безопасности находящихся на борту людей.

Режимы работы традиционных и специальных СУ отличаются повышенной динамичностью, вызываемой ветром и волнением, а также силовыми воздействиями со стороны их приводов. Также СУ являются мощными источниками шума и вибрации.

В качестве опор валов СУ используются подшипники качения, обеспечивающие удержание и стабилизацию положения осей валов.

На площадках контакта тел качения реализуется граничный режим трения. Смазочный материал находится в жестких условиях, так как, например, максимальное Герцевское давление может достигать 3-4 гПа, скорость вовлечение смазки достигает 1 м/с. Время прохождения зоны контакта составляет около 10^{-4} с, а скорость сдвига – $10^{7} \div 10^{8}$ $с^{-1}$.

Тепловыделение, обусловленное сдвигом, повышает температуру смазки на десятки и даже сотни градусов и увеличивает температуру сопрягаемых тел вблизи зоны контакта, что приводит к неньютоновскому поведению смазочного материала.

Процесс трения реализуется в смазочном слое узлов СУ, толщина которого колеблется от нескольких мономолекулярных слоев до 20 мкм. При этом обнаруживается физическая нелинейность коэффициента вязкости смазочного материала, который уменьшается с ростом скорости сдвига, а сам материал представляется дисперсными системами.

Характер контакта тел качения оказывает влияние не только на микрорельеф, но и субмикрорельеф, что связано с возникновением и развитием дислокаций. Разрушение подшипников качения можно рассматривать как процесс накопление дислокаций в результате повторного воздействий на микроструктуру поверхностного слоя.

Следует учитывать также и тот факт, что даже неподвижный подшипниковый узел подвержен динамической нагрузке, возникающей от вибрации корпуса судна, которая создаётся от работы приводного двигателя.

Для повышения долговечности в настоящее время заводы, производящие СУ, работают преимущественно в двух направлениях.

Первое – это инженерия поверхности, второе – изменение реологических характеристик смазочных материалов.

В первом случае используется вакуумная ионная имплантация алюминия и серебра на рабочую поверхность, что позволяет в пристенном смазочном слое получить как гомеотропную, так и планарную структуру смазочного слоя.

Для создания заданных реологических характеристик в смазочном слое используется технология нанесения на рабочие поверхности тонкопленочного ориентанта, позволяющего получить структуру расположения молекул либо гомеотронно либо планарно.

Создание гомеотропной структуры пристенного слоя смазочного материала позволяет снизить интенсивность изнашивания до $I_h = 10^{-12}$, что увеличивает долговечность подшипниковых узлов в три раза, а также снизить эксплуатационное затраты на обслуживание и ремонт СУ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мышкин Н. К. Трение, смазка, износ / Н. Мышкин, М. Петроковец. – М.: Физматлит, 2007. – 367 с.
2. Кардаш В. П. Повышение эффективности работы судовых устройств / В.П. Кардаш, С, А, Ханмамедов // Судовые энергетические установки: научн.-технич. сб.– 2007. Вып.20– Одесса: ОНМА – с.1-15.
3. Кардаш В. П. Нанотрибология в судовой энергетике /С. А. Ханмамедов, Л. В. Пизинцали, В. П. Кардаш // Трение и смазка в машинах и механизмах: ежемесячн. научн.– технич. и производ. журн. – 2011. – Вып. 6. – Изд. Машиностроение, – с. 23-28.

УДК 629.12:656.614

Козьминых Г.В.
Одесская национальная морская академия

Анализ технологических условий при перевозке зерна морским транспортом

Зерновой сектор Украины является стратегической отраслью экономики государства, которая определяет объемы экспорта и внутреннего потребления для населения страны, включая продукты переработки зерна. Сектор формирует существенную часть доходов сельскохозяйственных производителей, определяет состояние и тенденции развития аграрных территорий, увеличивает валютные доходы государства за счет экспорта. Зерновая отрасль является базой и источником устойчивого развития большинства отраслей агропромышленного комплекса и основой аграрного экспорта.

В 2013-2014 маркетинговом году Украина вошла в тройку крупнейших мировых экспортеров после США (72,3 млн. т.) и ЕС (38,5 млн. т.), экспортировав 32,3 млн. т. зерна в большинство стран мира, а в текущем году уже

сумела экспортировать 23,39 млн.т. зерновых по состоянию на середину февраля. Однако, такой рост спроса обусловлен не только количеством собранного урожая, но и методами хранения зерна после сбора урожая и при его последующей транспортировке, что непосредственно влияет на его качество.

В данном докладе рассматривается консервация зерна методом охлаждения.

В мире ежегодно теряют качество около 20 % собранных зерновых. В связи с этим важное значение приобретает предварительная подготовка зерновых к перевозке морским транспортом и сохранение качества непосредственно в процессе перевозки.

Причина потерь свежесобранного зерна - дыхание и вызванное им самосогревание. Этот процесс связан с влажностью и температурой зерна, чем эти показатели выше, тем интенсивнее дыхание. Последствиями самосогревания являются потери субстанции, а также развитие насекомых и плесневых грибов.

Первоначально консервация методом охлаждения использовалось для влажного зерна до сушки. Однако, в настоящее время чаще охлаждают сухое зерно, чем влажное - главным образом в целях защиты от распространения насекомых и поражений, вызванных ими. Потерь, вызванных поеданием насекомыми, возможно эффективно избежать при охлаждении урожая до температуры ниже 13 °C.

При каждой процедуре охлаждения возникает сопутствующий эффект просушки. Он дополнительно понижает влажность на 0,5-1,5 %. При более высоком содержании влаги (> 18 % влаги) дополнительный эффект просушки может быть выше, в отличие от сухого зерна (< 14 % влаги), просушка которого столь незначительна, что может не приниматься во внимание.

Время нахождения в сушке может быть сокращено при оптимизации сушки и охлаждения. Таким образом экономится энергия и повышается мощность сушки. Чем меньше энергии воздействует на зерно, тем более деликатна сушка и меньше повреждений.

В процессе исследования было установлено, что снижение температуры зерна с содержанием влаги 14,5 % с 24 °C до 10 °C продлевает возможную продолжительность складирования приблизительно в пять раз, что следует из табл.1:

Следует отметить, что зерна злаков гигроскопичны. Если влажный воздух имеет доступ к сухому зерну, возникают увлажнения, в результате чего портится зерно. В связи с этим проветривание необработанным атмосферным воздухом допустимо только при определенных климатических условиях.

На сегодняшний день, наиболее оптимальной и приемлемой является технология GRANIFRIGOR™ - консервация методом охлаждения.

Табл. 1 Продолжительность складирования охлажденного зерна в зависимости от климатической зоны и содержания влаги

Климатическая зона	умеренная*	тропики**
Влажность [%]	[Месяцы]	[Месяцы]
12-15	8-12	6-8
15-17	6-10	3-5
17-19	4-6	1 -2
19-21	1 -4	0,5-1

Технология GRANIFRIGOR™ является весьма перспективной как при предварительной подготовке зерновых к перевозке, так и непосредственно в период их нахождения в грузовых помещениях. Охлаждение зерна по этой технологии предотвращает развитие плесневых грибов и их микотоксинов.

Воздуходувка охладительной установки GRANIFRIGOR™ втягивает атмосферный воздух. Этот воздух охлаждается до требуемой температуры в охладителе воздуха (испарителе). Также из него экстрагируется влага, образовавшаяся вода сепарируется. В устройстве HYGROTHERM™, подключенном впоследствии, нагревается холодный влажный воздух. При этом снижается относительная влажность. Холодный и сухой воздух поступает в систему вентиляции склада через шланг и продувается через зерновую массу. Через вентиляционные отверстия хранилища поток воздуха снова попадает в атмосферу и выносит с собой экстрагированную из зерна влагу и тепло.

При охлаждении зерна по методу GRANIFRIGOR™ минимизируются потери сухого вещества и предотвращаются потери качества в результате порчи насекомыми, а также развитие плесневых грибов. Качество зерна остается неизменным.

Потребность в электроэнергии для сушки при использовании технологии GRANIFRIGOR™ редуцируется, время сушки сокращается. Кроме того, не возникает расходов на химическую обработку запасов. Конкретный мониторинг экономичности, как правило, показывает время амортизации от 1 до 2 лет. В связи с этим инвестирование в установку GRANIFRIGOR™ целесообразно. Принципиальная схема охладительной установки GRANIFRIGOR™ приведена на рис. 1:

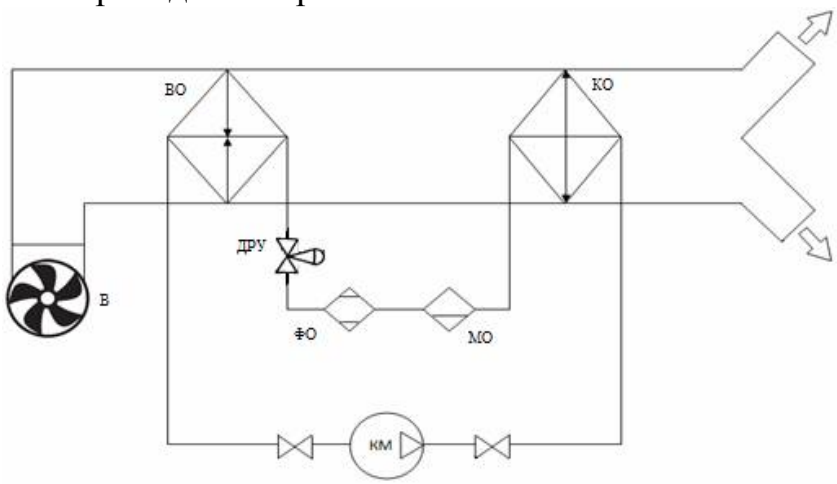


Рис. 1 Принципиальная схема охладительной установки Granifrigor.

В - вентилятор, ВО - воздухоохладитель, КО - конденсатор осушитель, ДРУ - дроссельное регулирующее устройство, ФО - фильтр осушитель, МО - маслоотделитель, КМ - компрессор.

Технология GRANIFRIGOR™ имеет многочисленные преимущества, которые необходимо учитывать с точки зрения экономической эффективности:

- длительное хранение без риска снижения качества;
- защита от поедания насекомыми-вредителями и от их размножения;
- защита от образования грибов и их микотоксинов;
- избежание дорогой и вредящей окружающей среде химической обработки;
- минимизация потерь вследствие дыхания зерна;
- отсутствие необходимости перекладирования;
- незначительные затраты на сушку;
- сохранение свежести, как после сбора урожая;
- сохранение способности к прорастанию;
- отсутствие пожелтения зерен риса;
- увеличение количества целых зерен риса;
- отсутствие трещин;
- отсутствие окисления маслосодержащих плодов;
- охлаждение может осуществляться независимо от метеорологических условий.

Таким образом, применение технологии GRANIFRIGOR™ целесообразно для перевозки зерна морем. Для внедрения этой технологии необходимо проведение экспериментальных исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. 8th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products -Chengdu, China, 2008.

2. Онищенко В.П., Нгуен Вьет Зунг, Лагутин А.Е., Као Вань Хунг. Экспериментально-теоретическое исследование процессов респирации и транспирации при холодильном хранении плодов манго. – Холодильная техника и технология - 2008, № 6 (116). - с. 63-70.

3. Rodríguez J. C., Bartosik R. E. Malinarich H.D. Grain Storage in Plastic bags: The Silobag System. Wheat Final Report. IPESA & MS. Buenos Aires - 2004. - 24 p.

4. Чумак И.Г., Онищенко В.П., Нгуен Вьет Зунг, Лагутин А.Е. Математическое моделирование тепло-влажностных процессов при хранении плодоовощного сырья в модифицированной газовой среде // Холодильная техника и технология. – 2007.- № 4 (108). - с. 51-57.

5. Brooker R.J., Widmaier E.P., Graham L.E., Stiling P.D. BIOLOGY Second Edition. The McGraw-Hill Companies Inc., New York. - 2011. - 1453 p.

6. Захаров Ю.В. Судовые установки кондиционирования воздуха и

холодильные машины. "Судостроение", Л., 1994. - 504с.
7. Голиков А.А. Судовые системы кондиционирования воздуха. Київ, “Наукова думка”, 1997. - 218с.
8. Кирис А.В., Козьминых Г.В. - Особенности условий морской перевозки зерна в мягкой упаковке. - "Енергетика судна: Експлуатація та ремонт" - 2014, Часть I. с. 60-63.

УДК 621.565

Смик В.А., Козьміних М.А.
Одеська національна морська академія

Байдак Ю.В.
Одеська національна академія харчових технологій

Термодинамічна модель випарника рефрижераторного контейнера і її вирішення

Щорічне виробництво харчових продуктів в світі сягає 4 мільярдів тонн, з яких майже половина має малий термін зберігання, а відтак, залежить від засобів і умов транспортування. Об’єми харчових продуктів, які підлягають транспортуванню, визначаються попитом споживчого ринку. Оскільки транспортування здійснюється упродовж тривалого часу і в умовах коливань температури оточуючого середовища в межах ±50ºС, суттєвого значення набувають технічні засоби, які забезпечують їх зберігання під час транспортування, а саме рефрижераторні контейнери.

Питання обміну повітря або швидкості його циркуляції у корисному об’ємі рефрижераторного контейнера є дуже важливим, оскільки суттєво впливає не тільки на температуру, вологість − при збереженні якості плодоовочевого вантажу під час його тривалого транспортування, але і на відведення шкідливої дії вуглекислоти, що виділяється з нього у часі і тим псує якість. Це також стосується збереження м’ясної і рибної продукції, оскільки її вивітрювання від надлишку швидкості повітря, утвореного примусовою циркуляцією вентилятора випарника призводить до втрати вантажем ваги.

Вивчення явища переносу речовини (газу, рідини) конвекцією зазвичай здійснюють у двохмірній постановці задачі. В умовах руху поле температур визначається з урахуванням динаміки течії речовини $T_{i,j}=f(\upsilon_{i,j}, d\upsilon_{ij}/d\tau)$, тиску – p тощо, а її теплофізична властивість − в’язкість $\gamma=f(T_{i,j})$ впливає на поле швидкостей речовини, оскільки $(\upsilon_{i,j}=f(\gamma), d\upsilon_{ij}/d\tau)=f(\gamma)$. Отже, вирішення задачі переносу тепла конвекцією зводиться до почергового (ітераційного) вирішення задач:

- визначення поля швидкостей речовини $\upsilon_{i,j}=f(\gamma), d\upsilon_{ij}/d\tau t=f(\gamma)$ в умовах їх межових значень при незмінній в’язкості $\gamma=const$;

- розрахунку поля температур речовини $T_{i,j}=f(\upsilon_{i,j}, d\upsilon_{ij}/d\tau)$ для межових їх значень і отриманого поля швидкостей, та уточнення в'язкості $\gamma=f(T_{i,j})$.

Вирішення задачі повторюється в ітераційному циклі, за умови збіжності результатів розрахунків, і завершується за показником відносної розбіжності значень температур, отриманих у попередній та наступній ітераціях.

Перенос тепла речовиною визначається законами збереження її маси, кількості руху і енергії та має вид диференційних рівнянь, що пристосовані до елементарного об'єму середовища, крізь поверхню якого здійснюється рух. Вирішення складених диференційних рівнянь шляхом їх інтегрування надає можливість визначити обмін тепла конвекцією і, як правило, здійснюється чисельно − методом комірок, який застосовує перетворення диференційних рівнянь у матрицю алгебраїчних аналогів через застосування перших членів ряду Тейлора. Кожна комірка несе в собі фізичні і функціональні властивості речовини, має певні розміри і пов'язана з сусідніми комірками межовими умовами.

Метою роботи є визначення межових значень швидкості і тиску повітря на виході після випарника холодильної машини рефрижераторного контейнера та такого, який, розташовано у металевому кожусі із звуженням перерізу вихідного отвору й оснащено системою примусової подачі повітря від вентилятора, що приводиться у дію двохшвидкісним однофазним асинхронним двигуном.

Рис.1. Зовнішній вигляд пристрою випарника холодильної машини, оснащеного вентилятором

На рис.1 наведено зовнішній вигляд пристрою фірми Carrier Transicold. З виходу випарника повітря проходить канал звуження, швидкість і тиск його зростають, а, відтак, швидкість руху повітря у об'ємі холодильної шафи із об'єктами тимчасового утримання є залежними від їх початкових значень на виході випарника. До того ж, розподіл поля температур у холодильній шафі також визначається із урахуванням поля швидкостей повітря. Розрахунок межових значень швидкості і тиску повітря на виході після випарника холодильної машини рефрижераторного контейнера виконано у новій версії програмного середовища COMSOL Multiphysics Femlab 3.0 у його частині Fluid Dynamics − Incompressible Navier-Stokes. Диференційне рівняння Navier-Stokes, щодо руху однокомпонентної речовини, у вигляді $\rho(\nabla\cdot\vec{\upsilon})\vec{\upsilon}=\nabla\cdot\left[-p+\eta\left(\nabla\cdot\vec{\upsilon}+(\nabla\cdot\vec{\upsilon})^T\right]+\rho\vec{F}\right.$, та $(-\nabla\vec{\upsilon})=0$, де $\rho,\vec{\upsilon},\eta$ − щільність, швидкість і в'язкість повітря, $\vec{F}$ − сила тяжіння, виконано чисельним методом. Результати розрахунку наведено на рис.2.

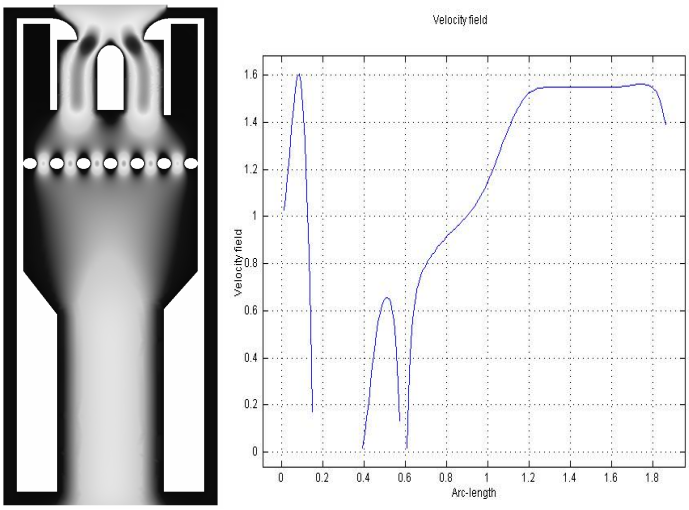


Рис.2. Розрахункова модель випарника холодильної машини, оснащеного вентилятором і графік розподілу швидкості потоку повітря вздовж вертикальної вісі

Висновок. Відпрацьовано методику розрахунку вектора поля швидкості повітря у випарнику, на підставі якого можна робити розрахунок поля температур у шафі холодильника, за яким обирати продуктивність вентилятора щодо забезпечення енергетично ефективного режиму роботи холодильної установки.

УДК 629.123.62-93

Доц. Козьминых Н.А., асп.Василец Д.И.
Одесская национальная морская академия

Определение путей повышения надежности судовых холодильных машин

Рассматривая судовую холодильную установку как сложную систему, состоящую из подсистем и отдельных элементов, которая через определенный промежуток работы стремится перейти в неработоспособное состояние необходимо - с одной стороны увеличить период работоспособности путем своевременного технического обслуживания и ремонта, а с другой - предусмотреть такой график технического обслуживания, который предусмотрел бы максимальную вероятность сохранения работоспособного состояния во время нахождения судна в море.

При анализе возникновения отказов, дерево отказов состоит из последовательностей и комбинаций нарушений и неисправностей и является многоуровневой графологической структурой причинных взаимосвязей, полученных в результате исследования опасных ситуаций в обратном порядке, для того чтобы отыскать возможные причины их возникновения.

На рис.1 приведена обобщенная схема построения дерева отказов для судовой холодильной установки. Очевидно, что целесообразно выделять составные части системы (узлы холодильной установки), вероятность безотказной работы которых ниже чем в других и, рассматривая их подробно, определять период нормальной работы для всей установки. В данном способе

реализован дедуктивный метод (причины-следствия), что наделяет метод серьезными возможностями по поиску корневых причин отказа системы, поскольку дает наглядную и подробную схему взаимосвязей элементов и событий, влияющих на их надежность.

Опыт эксплуатации большинства механизмов, аппаратуры и приборов показывает, что наиболее общим для определения интенсивности отказов является распределение Вейбула. Согласно этому распределению плотность вероятности момента отказа может быть определена из зависимости:

$$f(\tau)=\lambda\delta\tau^{(\delta-l)}e^{(\lambda\tau)};$$

где: δ – параметр формы, который определяется по экспериментальным данным путем выбора закона распределения,

l – параметр масштаба.

Интенсивность отказов определяется выражением:

$$\lambda(\tau) = \lambda\delta\tau^{(\delta-l)};$$

вероятность безотказной работы

$$P(\tau) = \int_0^{\tau} e^{-\lambda(\tau)d\tau} = e^{-\lambda\tau};$$

средняя наработка до отказа

$$T1 = \int_0^{\infty} P(\tau)d\tau = \int_0^{\infty} e^{-\lambda\tau}d\tau.$$

При δ<1 интенсивность отказов монотонно убывает, что соответствует периоду приработки, а при δ>1 монотонно возрастает, что соответствует периоду интенсивного износа. Одновременно следует отметить, что при δ= 1 распределение Вейбула переходит в экспоненциальное, а при δ= 2 – в распределение Рэлея.

Наиболее эффективными методами повышения надежности элементов холодильных машин являются:

разработка и внедрение новых специальных высококачественных сталей для клапанных пластин поршневых компрессоров, в том числе сталей, обработанных синтетическими шлаками,

применение релаксационно-стойкой проволоки для клапанных пружин, обеспечивающей стабильность характеристик пружины в течение длительного периода эксплуатации;

создание и освоение металлополимерных пар трения в поршневом уплотнении, в том числе поршневых колес повышенной термостойкости из материала Ф40С8Г4 и ТНК2Г5 с радиационным упрочнением;

применение тонкостенных биметаллических вкладышей подшипников скольжения вместо толстостенных, что существенно повышает ресурс подшипников и коленчатых валов;

внедрение смолопропитанных графитов взамен металлопропитанных в сальниковом уплотнении компрессоров;

разработка и серийное освоение высококачественного уплотнительного материала паронита МБЦ-5БЦ и резинотехнических деталей повышенной долговечности;

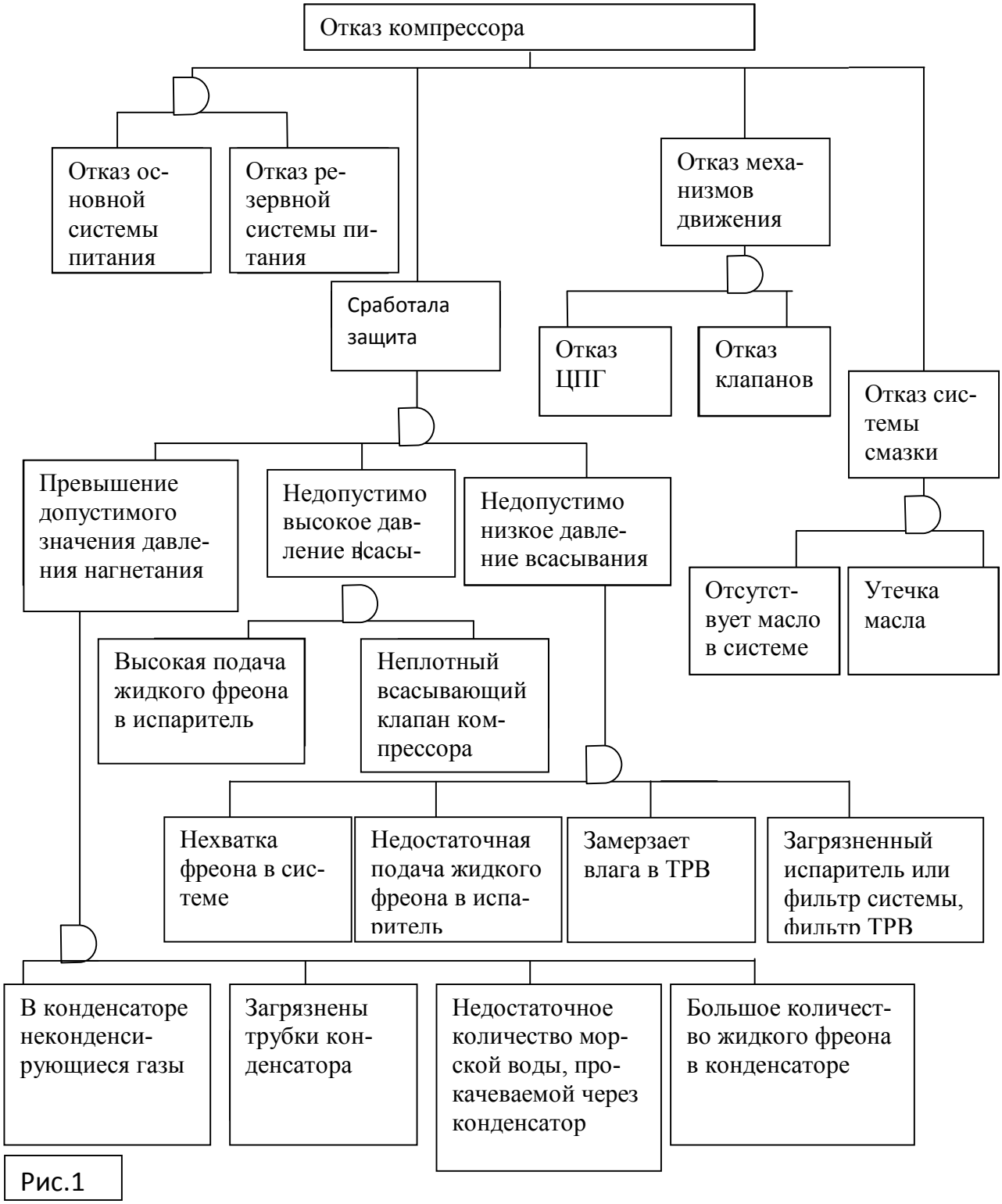


Рис.1

разработка и внедрение новых методов обкатки холодильных компрессоров, обеспечивающих более совершенную очистку и приработку поверхностей трения;

разработка и внедрение в эксплуатацию новых смазочных масел, обладающих повышенными противоизносными и противозадирными свойствами;

применение широко известных методов упрочнения поверхностей трения (дорнирование бронзовых втулок верхних головок шатунов, виброобкатку поршней и алюминиевых шатунов, алмазное выглаживание поршневых пальцев и шеек коленчатых валов, микродоводку поршневых колец).

Важное значение для повышения надежности пар трения компрессоров имеет оптимизация начальных и предельных зазоров с учетом режимов работы, характеристик смазочных масел и других нагрузочных факторов.

К новым перспективным технологиям в этой группе относятся газоплазменное напыление износостойких покрытий с последующей обработкой деталей, вакуумно-плазменное напыление тонких износостойких пленок (например, нитрида титана), не требующих последующей обработки (толщина покрытия 3—5 мм), лазерное, упрочнение без последующей обработки и лазерное упрочнение с использованием специальных флюсов с последующей обработкой. Перспективно применение методов обработки, обеспечивающих увеличение маслоемкости поверхностей трений путем создания искусственного микрорельефа путем вибронакатки и применения деталей из металлокерамики. На основе знаний, текущей величины показателей надежности, следует производить корректировку работ по техническому обслуживанию установки, уточнять и корректировать планы и графики тех. обслуживания, расчитывать комплекты ЗИП, обосновывать гарантийные строки эксплуатации оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Межгосударственный стандарт ГОСТ 27.301-95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения.
2. Танирбергенова А.А. Расчет надежности многоэлементных систем. -Сб. Трудов Кар.ГТХ, 2011, с.с. 83-85.
3. Военный справочник по стандартизации США MIL-HDBK-472. Прогнозирование ремонтопригодности.
4. Козьминых Н.А., Андрианов Д.В. Методы оценки надежности судовых холодильных установок в процессе эксплуатации. Научно-технический сборник"Судовые энергетические установки"., вып. 28, Одесса 2011
5. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем, Москва, 1980

УДК 629.543+536.242

Чепалис И.В., Козьминых Н.А.
Одесская национальная морская академия

Анализ влияния теплопритоков в грузовые танки метановозов на изменение температуры сжиженного природного газа

Сжиженный природный газ (СПГ) перевозят при температуре -163 ^{o}C - -159^{o}C, в зависимости от ожижительного завода, и максимальном абсолютном давлении 110 кПа. Т.е. транспортировка СПГ морем осуществляется при температуре кипения груза. При таких термодинамических условиях в грузовом танке образуется паровая фаза. Одной из причин нарушения парожидкостного равновесия в грузовых танках метановозов является подогрев груза посредством неизбежных теплопритоков из окружающей среды. В зависимости от начальной температуры груза и подведенного количества теплоты, соотношение паровой и жидкой фазы увеличивается, давление в грузовом танке повышается. Во избежание разрушения танка необходимо отбирать, утилизировать или обрабатывать пары груза. Количество и стоимость испарившегося газа за период транспортирования СПГ морем довольно значительны. Грузоотправитель требует минимальной потери СПГ за время транспортирования, а это напрямую зависит от совершенства энергетического комплекса судна [1].

Эффективностью изоляции грузовых танков метановозов принято считать коэффициент суточной интенсивности испарения (e), т. е. количество жидкости, испарившейся за одни сутки, выраженным в процентах от полной емкости сосуда. Вычисление количества испаренного груза за время перехода метановоза крайне важно для его рациональной утилизации, к примеру, использования в качестве топлива для главной энергетической установки (ГЭУ) [2]. Опираться на показатель, заявленный производителями грузовых танков , e =0,15%, при расчете потерь на испарение, недопустимо.

$$e = Q_T / \left(r \rho V \right), \tag{1}$$

где Q_T - общий теплоприток к сжиженному природному газу (СПГ), r - скрытая теплота парообразования, ρ - плотность груза, V - объем СПГ в грузовом танке. Заявленная величина не может быть постоянной, т.к.:

$$Q_T \neq const . \tag{2}$$

Общий теплоприток определяется следующими основными составляющими:

теплоприток через теплоизоляцию, q_1;

теплоприток по тепловым мостам (опорам, подвесам), q_2;

теплоприток по токовводам, обусловленный как теплопроводностью материала ввода, так и омическими потерями в нем (джоулево тепло), q_3 [3].

Общий теплоприток равен сумме всех составляющих:

$$Q_T = q_1 + q_2 + q_3 . \tag{3}$$

Значительную часть Q_T составляет теплоприток через изоляцию. Ввиду того что, температура окружающей среды в различных районах плавания судна будет варьировать, теплоприток через изоляцию к грузу также будет различным. Материалы, используемые при конструировании грузовых систем, позволяют уменьшить теплопритоки из окружающей среды, минимизировать интенсивность испарения груза, а также защитить корпус судна от воздействия криогенных температур.

Теплоприток через изоляцию, q_1, может быть рассчитан по формуле:

$$q_1 = \frac{\lambda_{эфф}}{\delta} \Delta T \sqrt{F_1 F_2}\ , \qquad (4)$$

где $\lambda_{эфф}$ - эффективный коэффициент теплопроводности изоляции в диапазоне температур ΔT, F_1 и F_2 - площади внешней и внутренней поверхностей танка.

Грузовые танки рефрижераторных метановозов делятся на два типа: призматические мембранные танки и независимые самоподдерживающие сферические танки. К грузовым танкам, произведенным по мембранной технологии, относят системы Gaztransport № 96, Technigaz Mark III, CS1, IHI SPB. Первые две системы широко распространены в действующем флоте и подавляющее большинство строящихся метановозов будет оснащено именно грузовыми системами с мембранными танками (рис. 1).

Внутренняя поверхность вкладных грузовых танков системы TZ Mark III состоит из тонкой гибкой мембраны, которая через первичную изоляцию опирается на вторичный барьер, на вторичную изоляцию, приклеенную к корпусу судна. Первичный барьер представляет собой рифленую мембрану, толщиной 1,2 мм, изготовленную из нержавеющей стали AISI304L. Кусочки сварены внахлест, имеют два прямоугольных рифления заостренной формы, шагом 340 мм на 340 мм. Вторичный барьер представляет собой триплекс, толщиной 0,7 мм, состоящий из слоев: стеклоткань, алюминиевая фольга, стеклоткань (рис. 2).

В связи с различными температурой и составом груза, температурой окружающей среды за время перехода метановоза, коэффициент испарения, заявленный производителями грузовых танков, недопустимо использовать для предварительного расчета количества паров, формируемых в куполе танка. Расчет общего теплопритока Q_T позволит определить повышение температуры груза, а также спрогнозировать количество паров и определить метод их обработки.

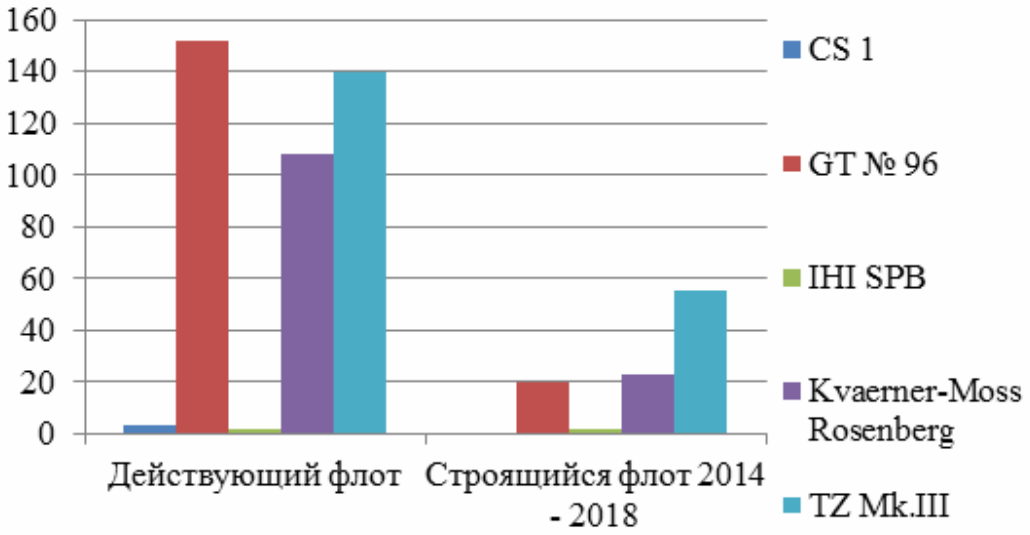


Рис. 1 Диаграмма соотношения грузовых танков

Таблица 1 Основные характеристики грузовых танков мембранного типа

	MARK III	GTT №96
Толщина изоляции	270 мм	530 мм
Масса изоляции	73 кг/м^2	138 кг/м^2
Материал	Усиленная полиуретановая пена	Фанера, перлит
Основная мембрана	1,2 мм гофрированная нержавеющая сталь	0,7 мм инвар сталь
Вторичная мембрана	Триплекс	0,7 мм инвар сталь
Метод сварки	дуговая сварка вольфрамовым электродом в среде инертного газа	роликовая сварка

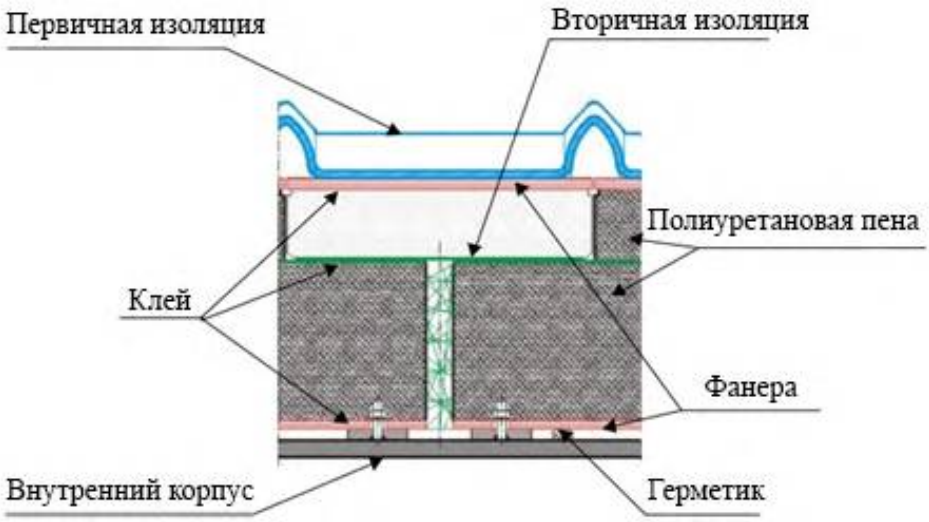


Рис. 2 Грузовой танк системы GTT Mark III в разрезе

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чепалис И.В., Козьминых Н.А. Анализ последствий и критичности отказов установок повторного сжижения газов судов-метановозов/ Технические газы. – 2014. - № 3. С. 38 – 42.
2. Чепалис И.В. Проблемы устойчивой работы газодизелей при использовании естественно испарившегося груза метановозов в качестве топлива/ Вестник ГУМРФ. – 2015. - № 29
3. Григорьев В.А., Аметистов Е.В. Расчет и проектирование сосудов для конденсированных криоагентов. М.: Типография МЭИ, 1979. 79с.

УДК 629.543+ 504.064.43

Чепалис И.В., Козьминых Н.А.
Одесская национальная морская академия

Влияние экономических и экологических факторов на выбор пропульсивного комплекса современного метановоза

Стабилизацию давления в грузовых танках метановозов производят посредством отбора паров груза, энергетической ценностью которых пренебречь нельзя. Поэтому производят обработку испарившегося груза. Движущими факторами совершенствования обработки паров груза являются ужесточение требований международной морской организации (ИМО) к выбросам в атмосферу с морских судов, а также сегодняшняя ситуация рынка сжиженного природного газа (СПГ), которая представляет собой рост спотовых поставок и контрактов длительностью 1 – 4 года.

Обработку паров груза метановозов производят следующими методами:

Использовать пары груза в качестве топлива для паротурбинной установки (ПТУ), газодизельного электрического пропульсивного комплекса (ГДЕПК) или двухтактного двухтопливного дизеля (MEGI);

Пропускать испарившийся груз через установку повторного сжижения газов и возвращать в грузовые танки, в качестве энергетической установки применять два малооборотных дизеля (МОД+УПСГ);

Сжигать пары груза в специальном газовом топочном агрегате (ГТА);

Вентиляция паров в атмосферу [1].

Анализ диаграммы приводит к следующим умозаключениям:

значительно снизились заказы на паротурбинный пропульсивный комплекс (ПТУ). Причиной является низкий тепловой коэффициент полезного действия (КПД). Заказы в основном сделаны японскими судоходными компаниями, т.к. японские верфи владеют лицензиями только на постройку метановозов с танками типа Kvaerner-Moss. А на метановоз, оборудованный этой грузовой системой, устанавливают только ПТУ.

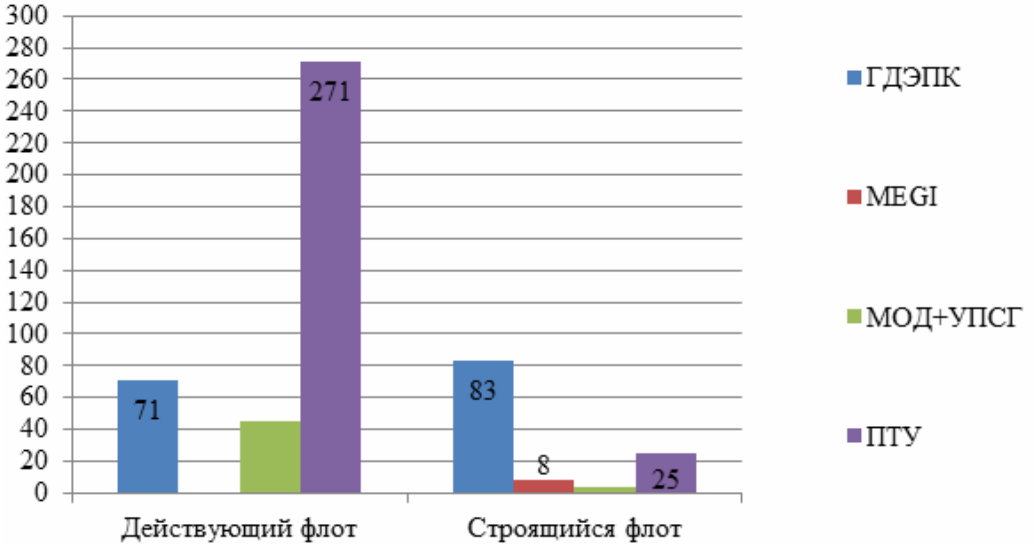


Рис. 1 Диаграмма соотношения пропульсивных комплексов метановозов

снизились заказы на пропульсивный комплекс малооборотного дизеля с УПСГ (SSD + Reliq). Таким пропульсивным комплексом оборудовались метановозы повышенной грузовместимости Q-flex (210000 м^3) и Q-max (266000 м^3) компании QATAR GAS TRANSPORT. Данные метановозы проектировались для поставок СПГ на американский рынок, но оказались не востребованы из-за североамериканской «сланцевой революции» [2]. При нынешней ситуации рынка СПГ наиболее рентабельными остаются метановозы объемом грузовых танков 150000 м^3 – 180000 м^3.

появились заказы на пропульсивный комплекс с двухтактным двухтопливным дизелем MAN B&W MEGI (marine electronic gas injection). Спуск на воду первого метановоза с таким пропульсивным комплексом ожидается в первой четверти 2016 года, заказчик – Teekay LNG.

70% строящегося флота будет оборудовано газодизельным электрическим пропульсивным комплексом (DFDE). Данный пропульсивный комплекс находится в эксплуатации с 2006. Возможность работы газодизелей на дизельном топливе и парах груза в зависимости от условий фрахт, и цен на топливо, пребывания в зонах контроля выбросов обеспечивает экономическую и экологическую гибкость метановоза [3].

Среди числа преимуществ ГДЭПК следует отметить:

1. полная независимость числа первичных дизелей от числа винтов и возможность работы любых главных дизельгенераторов (ДГ) на любой винт;
2. способность к саморегулированию по крутящему моменту при изменяющемся сопротивлении движению судна;
3. удобство осуществления парциальной работы, что повышает экономичность на малых и средних ходах судна;
4. использование ДГ для удовлетворения всех нужд судна в электроэнергии [4].

5. ремонтопригодность двигателей без нарушения режима движения судна.

Ужесточение требований к выбросам в атмосферу с морских судов, регламентированное кодексом МАРПОЛ (Приложение VI), вынуждает судовладельцев внедрять на суда оборудование, снижающее выбросы вредных веществ в атмосферу. Применение природного газа в качестве топлива для газодизелей снижает выбросы NOx, SOx, CO2 и твердых частиц (рис. 2).

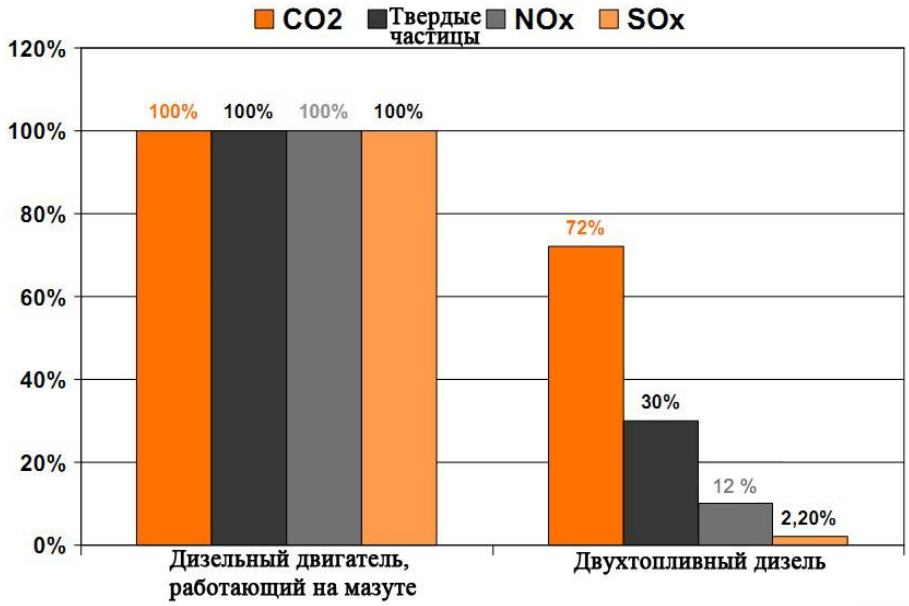


Рис. 2 Диаграмма сравнения выбросов вредных веществ при работе двигателя на мазуте и на газе

ИМО разработала конструктивный коэффициент энергетической эффективности (ККЭЭ), который является мерой уровня выбросов CO_2. ККЭЭ – определяет количество выбросов CO_2 в тоннах на милю. Выбросы CO_2 рассчитывают по расходу топлива с учетом содержания углерода. Расход топлива основан на мощности, затрачиваемой для движения судна, и мощности для приведения в действие вспомогательных механизмов при определенных условиях. Затраченная на транспортировку работа определяется из проектной грузовместимости судна умноженной на скорость судна рассчитанной при максимальной летней осадке и 75% установленной мощности [5].

Формула по расчету ККЭЭ должна учитывать особенности отличия ГДЭПК от классических пропульсивных комплексов:

использование в газодизеле двух видов топлива: жидкого дистиллятного в качестве запальной дозы и испаренного газа в качестве основного заряда;

В ГДЭПК нет разделения на главные и вспомогательные двигатели;

Необходимо учитывать КПД силового электрооборудования (генераторы, трансформаторы, конверторы) [6].

После преобразования формула расчета ККЭЭ для метановозов с ГДЭПК имеет вид:

$$ККЭЭ = \frac{\overbrace{\left(\sum_{i=1}^{n_{ME}} 0{,}83 \cdot \frac{0{,}66 \cdot MCR_{(i)}}{\eta_{(i)}} \cdot \left(C_{BOG\,ME(i)} \cdot SFC_{BOG\,ME(i)} + C_{Pilot\,ME(i)} \cdot SFC_{Pilot\,ME(i)}\right)\right)}^{Выбросы\,CO_2\,ГД}}{\underbrace{f_i \cdot f_l \cdot R^{-0{,}56} \cdot грузовместимость \cdot v_{ref}}_{Затраченная\ работа\ на\ транспортировку}}$$

, (1)

где f_j - поправочный коэффициент на конкретные элементы конструкции судна; $P_{ME(i)}$ – мощность главных двигателей; $C_{BOG\,ME(i)}$, $C_{Pilot\,ME(i)}$ - коэффициенты преобразования между расходом топлива и выбросом CO_2 для паров СПГ и запального топлива соответственно; $SFC_{BOG\,ME(i)}$, $SFC_{Pilot\,ME(i)}$ – удельный расход топлива для паров СПГ и запального топлива соответственно; *грузовместимость* - дедвейт по грузовую марку; f_i - коэффициент грузовместимости; f_w - погодный коэффициент; f_c - поправочный коэффициент на кубическую вместимость, R – соотношение грузовместимости судна и его дедвейта (тонны), деленного на общую объемную вместимость грузовых танков судна.

$$ККЭЭ = \frac{\overbrace{\left(0{,}83 \cdot \frac{(0{,}66 \cdot 11400 \cdot 3 + 5700)}{0{,}91} \cdot \left(2{,}75 \cdot 159{,}6 + 3{,}206 \cdot 1\right)\right)}^{Выбросы\,CO_2\,ГД}}{\underbrace{1{,}37 \cdot 85837 \cdot 19{,}1}_{Затраченная\ работа\ на\ транспортировку}} = 4{,}73$$

Оценочное значение ККЭЭ рассчитывается по формуле:

$$Оценочное\ значение\ ККЭЭ = a \times b^{-c}, \quad (2)$$

где $a = 1120$, b - дедвейт судна, $c = 0{,}456$ для метановозов. Уровень ККЭЭ новых судов должен быть ниже, либо на линии оценочных значений ККЭЭ (рис. 2).

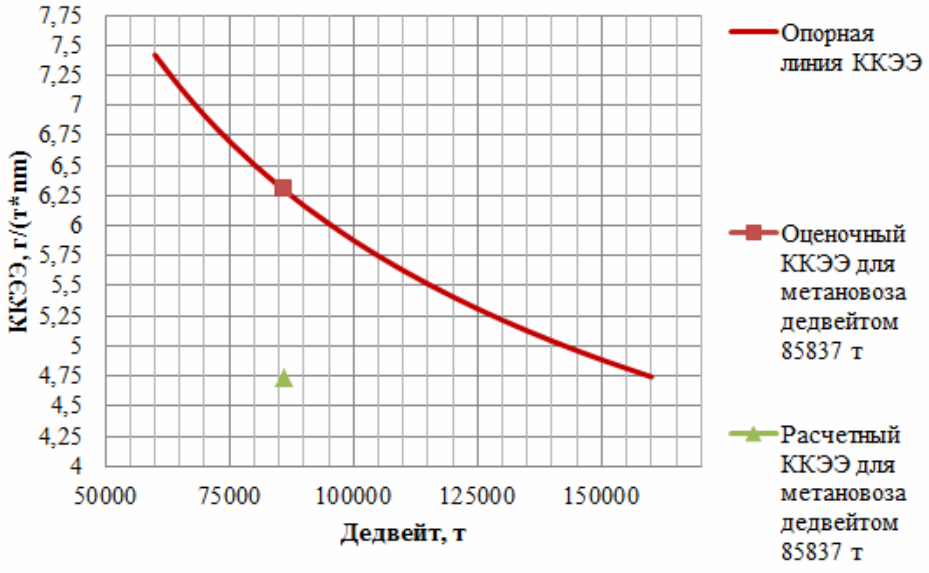


Рис. 2 Положение расчетной и оценочной величины ККЭЭ

Выбор ГДЭПК в качестве пропульсивного комплекса метановоза является наиболее целесообразным, т.к. обеспечивает экономические и экологические преимущества в сегодняшней ситуации рынка СПГ, а также учитывая ужесточения ИМО относительно требований к выбросам в атмосферу с морских судов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чепалис И.В., Козьминых Н.А. Повторное сжижение газов, как метод стабилизации давления в грузовых танках метановозов. / Судовые энергетические установки. – 2014. - № 33. С. 41 – 48.
2. Выгон Г.В., Белова М. Развитие мирового рынка СПГ: вызовы и возможности для России. Энергетический центр Московской школы управления СКОЛКОВО. 2013, стр. 2
3. Чепалис И.В. Проблемы устойчивой работы газодизелей при использовании естественно испарившегося груза метановозов в качестве топлива/ Вестник ГУМРФ. – 2015. - №29. С. 51 – 60.
4. Пахомов Ю.А. Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания. М.: ТрансЛит, 2007. 528 с.
5. Резолюция MEPC.212(63) руководство 2012 года по методу вычисления достижимого конструктивного коэффициента энергоэффективности (ККЭЭ) для новых судов. 2 марта 2012.
6. MEPC 60/4/18 EEDI calculation method for LNG carriers with diesel-electric propulsion systems. 15 January 2010.

УДК 629.543+ 62-621.2

Чепалис И.В.
Одесская национальная морская академия

Анализ использования естественно испарившегося груза метановозов в качестве топлива для газодизельного электрического пропульсивного комплекса

Эффективным методом стабилизации давления в грузовых танках метановозов является использование испаряющегося груза в качестве топлива в энергетической установке судна. Изначально метод был реализован на паротурбинной установке (ПТУ), где испарившийся газ сжигался в котле. В 2006 году газодизельный электрический пропульсивный комплекс был установлен на ряд метановозов компании Gaz de France и BP Shipping [1].

Сегодняшняя ситуация рынка сжиженного природного газа (СПГ) представляет собой рост спотовых поставок и контрактов длительностью 1 – 4 года, достигших уже четверти всех торгуемых объемов [2]. В данной ситуации применение газодизельного электрического пропульсивного комплекса (ГДЭПК) на метановозах является наиболее целесообразным, т.к. обеспечи-

вает экономическую гибкость, как в выборе вида топлива, так и в соотношении расхода топлива.

Регулирование вырабатываемой мощности электростанции происходит ступенчато, посредством пуска/остановки необходимого количества дизель-генераторов, в зависимости от нагрузки главного распределительного щита (ГРЩ). При оптимальном распределении нагрузки между генераторами, первичные двигатели (газодизели) работают на номинальном режиме, с максимальным коэффициентом полезного действия (КПД) и минимальным удельным расходом топлива.

Опыт эксплуатации метановозов с ГДЭПК судоходной компанией GDF Suez отражен в [3]. Отмечено, что после погрузки молярная доля азота в естественно испарившемся грузе (ЕИГ) достигала $x_{N_2} \approx 30\%$. По этой причине, во избежание пропуска воспламенения в цилиндрах, давление газа и длительность открытия газового впускного клапана были увеличены для обеспечения достаточного количества метана в цилиндре. Основными условиями устойчивой работы газодизеля является обеспечение газовоздушной смеси в концентрационных пределах воспламенения и избежание режима детонационного горения смеси [4].

Ввиду особенностей газодизельного цикла, двигатели комплекса чувствительны к качеству газового топлива, состав и объемы которого непостоянны на различных фазах рейса. Прогнозирование устойчивой работы газодизелей определяет надежность использования ЕИГ в качестве топлива, как метода стабилизации давления в грузовых танках. Необходимо обосновать критерии качества газа, их допустимые пределы, прояснить физику отказов газодизелей.

В табл. 1 представлены основные требования к качеству газового топлива для наиболее распространенного на метановозах газодизеля Wartsila 50DF.

Таблица 1. Основные требования к качеству газового топлива газодизеля Wärtsilä 50DF

Параметр	Единицы измерения	Величина
Массовая низшая теплота сгорания, min	МДж/кг	39,5
Метановое число, min		80
Содержание метана, min	%	70

Низшая теплота сгорания. Из теплового расчета газодизеля Wärtsilä 12V50DF получен график коэффициента снижения эффективной мощности, k_{N_e}, в зависимости от давления газа, p_a, перед газовым впускным клапаном для различных массовых низших теплотворных способностей газового топлива.

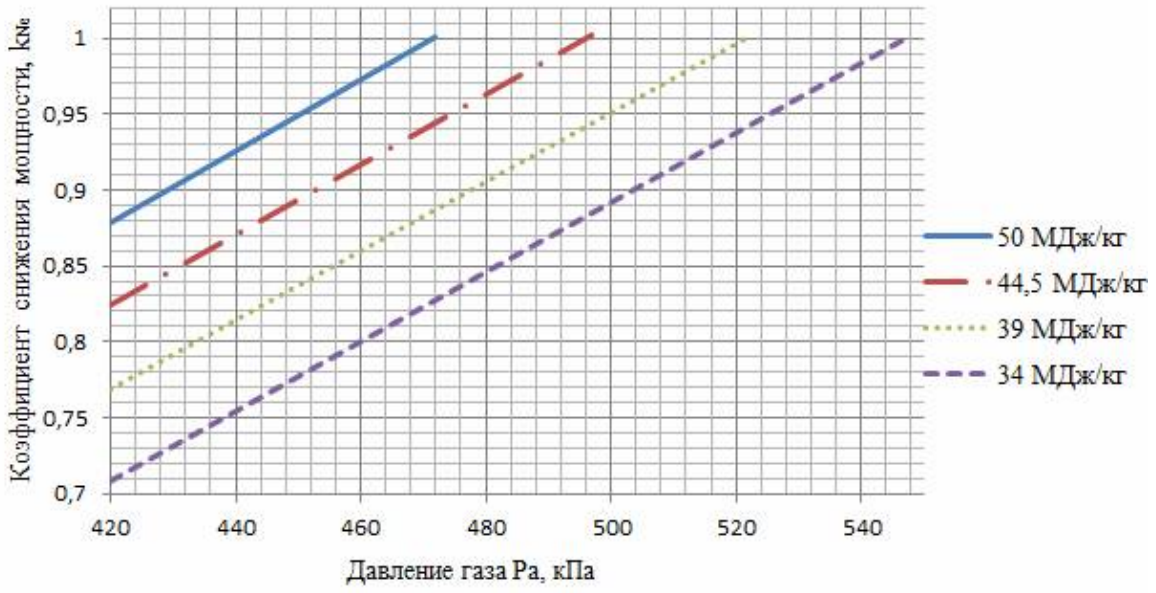


Рис. 1 Зависимость коэффициента снижения эффективной мощности газодизеля от давления газа с различной теплотворностью

Очевидно, что понижение теплотворности испаряющегося груза необходимо компенсировать повышением давления газа перед впускным клапаном газодизеля. Однако, такого рода повышение давления допустимо до определенного критического значения, определяемого двумя ограничениями: максимальным давлением компрессора грузовых паров, которое составляет 5,5 кгс/см^2 и минимальным содержанием метана.

Метановое число определяет детонационную стойкость газового топлива. Ввиду того, что составом ЕИГ является метано-азотная смесь, метановое число, MN ≥ 80.

Содержание метана, min. Газовая смесь, поступающая в цилиндр газодизеля, при степени сжатия ε = 12 характеризуется значительным по величине коэффициентом избытка воздуха α равным для смеси газа и воздуха 1,4 – 2,2. Выбор меньше указанной величины может привести к самовоспламенению смеси в процессе сжатия [5]. Понижение содержания метана в газовоздушной смеси приведет к росту коэффициента избытка воздуха, т.к. количество воздуха для сгорания остается постоянным. Ввиду этого при некотором минимально критическом содержании метана в ЕИГ произойдет пропуск воспламенения в цилиндре. Это обусловлено тем, что снижение содержания метана выведет смесь за нижний концентрационный предел воспламенения. Концентрационный диапазон воспламенения метана при давлении в конце сжатия $p_c = 110 кгс/см^2$ составляет 5,64 – 42% [6], при этом коэффициенты избытка воздуха на пределах составляют 1,74 и 0,143 соответственно. ΔABC – множество точек, характеризующих допустимый состав метановоздушной смеси в цилиндре газодизеля (рис. 2). Ребра треугольника – ограничительные прямые: AC – нижний концентрационного предел, BC – минимально допустимый коэффициент избытка воздуха α =1,4, AB – соотношение

N_2/O_2 =3,78 в наддувочном воздухе. Если допустить, что двигатель работает на смеси CH4=7,14%, O2=19,51%, N2=73,35%, α =1,4 (точка B), то повышение молярной доли азота x_{N_2} в ЕИГ будет сдвигать состав смеси к точке D, пока вовсе не выведет смесь за нижний концентрационный предел воспламенения, что приведет к пропуску воспламенения в цилиндре. Разбавление горючей смеси инертными примесями сужает область воспламенения вплоть до превращения смеси в невоспламеняющуюся [7]. В этой ситуации система автоматического управления произведет автоматическое переключение газодизелей на резервную топливную систему с использованием жидкого топлива (HFO или MDO). Это означает, что при x_{CH_4} <70%, использование ЕИГ в качестве топлива не может быть применено в качестве метода стабилизации давления в грузовых танках. ЕИГ в данном случае необходимо утилизировать другим методом (реконденсация, сжигание в топочном устройстве, вентиляция). Производить это небходимо, пока молярная доля азота в парах груза не станет x_{N_2} <30%.

Перевод газодизелей на HFO влечет за собой не только проблемы утилизации ЕИГ, но и проблему смазки двигателя. Согласно рекомендациям изготовителя в двигателе можно использовать остаточные сорта топлив вплоть до RMK 700 (ISO 8215:2005), что означает содержание серы до 4,5%. Нейтрализация воздействия образующейся в цилиндрах серной кислоты и продуктов окисления самого масла достигается путем введения в масло присадок, придающих ему щелочные свойства. Эффективность воздействия присадок определяется щелочным числом, выраженным в мг KOH/г масла [8].

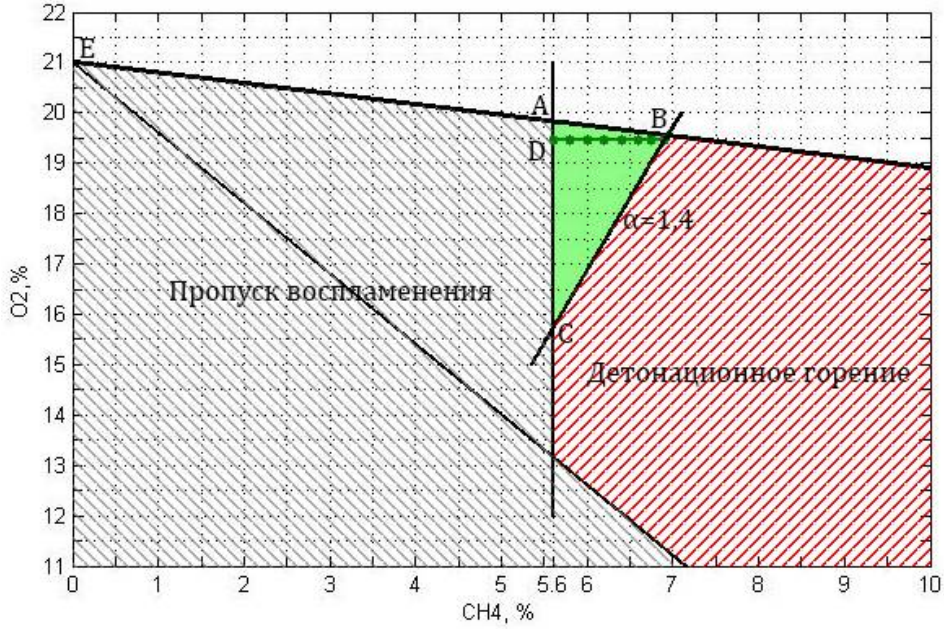


Рис. 2 Допустимый состав газовоздушной смеси в концентрационном диапазоне воспламенения метана

По данным Wärtsilä требования к щелочному числу смазочного масла лежат в пределах 6 – 12 для работы двигателя на газе, для работы на дистил-

лятном топливе 12 – 20, для работы на остаточном топливе 30 – 55. Ввиду того, что в тронковых дизелях смазка втулки происходит разбрызгиванием, при переходе двигателя на топливо с более высоким содержанием серы требуется замена масла в картере на масло с соответствующим щелочным числом.

Смазочное масло для работы на газе совместимо только для работы двигателя на топливе с содержанием серы ≤ 1 %. В ином случае, при взаимодействии масла с топливом формируются отложения смолисто-асфальтовых веществ, карбенов и карбоидов на стенках втулки в виде лаков и нагаров. Эти отложения остаются в раскаленном состоянии, что может привести к преждевременному зажиганию газовоздушной смеси и детонационному режиму горения в цилиндре при переводе двигателя на газ [9]. При переводе двигателя на газ, необходимо сменить смазочное масло на соответствующее. Более того, для выгорания отложений, образованных при работе газодизеля на остаточном топливе (HFO), необходимо, чтобы двигатель проработал не менее 2-х часов на дистиллятном топливе (MDO) на нагрузке ≥ 60% от номинальной.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чепалис И.В., Козьминых Н.А. Повторное сжижение газов, как метод стабилизации давления в грузовых танках метановозов. / Судовые энергетические установки. – 2014. - № 33. С. 41 – 48.
2. Выгон Г.В., Белова М. Развитие мирового рынка СПГ: вызовы и возможности для России. Энергетический центр Московской школы управления СКОЛКОВО. 2013, стр. 2
3. Jean-François Castel, Jérémie Leriche Feedback on the operation of the dual fuel diesel electric propulsion on LNG carriers: impact of gas fuel quality on propulsion efficiency.
4. Arto Sarvi, Jorma Jokiniemi, Jussi Lyyränen, Ron Zevenhoven Combustion in dual fuel gas engines. The effect of LCV-gases and detonation sensitivity. / International Flame Research Foundation. Naantali, Finland 2009.
5. Ваншейдт В.А. Дизели. Л.: Машиностроение, 1964. 600 с.
6. Фастовский В.Г. Метан. М.: Гостолтех-издат, 1947. 156 с.
7. Талантов А.Е. Основы теории горения. Казань: Ротапринт КАИ, 1975. 253 с.
8. Возницкий И.В. Практические рекомендации по смазке судовых дизелей. Санкт- Петербург: Моркнига, 2007. 64 с.
9. Чепалис И.В. Проблемы устойчивой работы газодизелей при использовании естественно испарившегося груза метановозов в качестве топлива/ Вестник ГУМРФ. – 2015. - № 29. С. 51 – 60.

УДК 629.543+536.242

Андрианов Д.В., Козьминых Н.А.
Одесская национальная морская академия

Модели отказов судовых систем кондиционирования воздуха

Все ускоряющиеся темпы научно-технического прогресса, связанные с ростом требований к современным системам кондиционирования воздуха являются характерной чертой развития современного общества. Для повышения эффективности их использования большое значение имеет совершенствование теоретических и практических методов исследования надежности. Только на основе анализа надежности можно разработать мероприятия по повышению долговечности и безотказности деталей и узлов, обосновать межремонтные периоды, нормативы расхода сменно-запасных частей и объема ремонтов, оценить уровень безотказности изделий, сформулировать требования по надежности применительно к заданным условиям эксплуатации.

Основной чертой теории надежности технических объектов, а в данном случае систем СКВ, является использование для их анализа теории вероятности и математической статистики. Данные о работе СКВ характеризуются относительно малыми совокупностями с длительным сроком службы, поэтому сопоставление показателей, характеризующих так называемую вероятностно-статистическую надежность, использующую теорию вероятности и математическую статистику, и физическую надежность, связанную с физико-химическими процессами отказов, может позволить более полнее оценить надежность СКВ и характер ее изменения в течение достаточно длительного периода эксплуатации.

Определенные трудности при оценке надежности СКВ в целом, или некоторых ее подсистем, связаны прежде всего с тем, что не всегда имеются соответствующие по величине совокупности подобных объектов, работающих в сходных условиях эксплуатации, надежность которых могла бы быть исследована с соблюдением условий проведения статистической обработки данных. Отсюда возникает необходимость разработки методов оценки возможности объединения малых выборок на основе принадлежности данных об отказах различных частей и систем СКВ к одной генеральной совокупности с целью последующей оценки и прогнозирования показателей надежности.

Актуальность темы комплексно представленной в работе, связана с решением важной задачи повышения надежности сложной технической системы (в данном случае систем СКВ) и разработкой теоретических положений, позволяющих получить достоверные данные о их возможных отказах, планировании ремонтов и комплектации запасными частями и периода безаварийной работы судна. Необходимость получения таких данных связана с планированием ремонтов элементов СКВ, наличием или доставке на судно, которое может находиться в любой точке земного шара, относительно дорогих запасных частей. Достоверная информация о его состоянии позволит

производить профилактическое обслуживание оборудования на основании экономически и технически оправданных критериев. Одним из основных факторов, связанных с рассматриваемой тематикой, является безопасная эксплуатация судна.

До настоящего времени вопросы надежности мало исследовались. Предпринимались попытки исследования путем записи в вахтенных журналах на судах Дунайского, Азовского и Черноморского пароходств, но, к сожалению, данные по ним отличались малой информативностью и достоверностью. В имеющейся литературе только в незначительной мере представлены попытки проведения анализа надежности технических систем, которые опирались бы на результаты эксплуатационных наблюдений. В основном проблема надежности рассматривалась поверхностно, ограничиваясь представлением теоретической модели и соответствием результатов аналитических исследований некоторым практическим результатам, полученным для единичных узлов или составляющих их элементов. Так, например, в исследования ограничены проведением анализа арматуры СКВ и касались в основном определения повреждения системы забортной воды с попыткой описания их статистическими методами.

Вероятность отказа механического элемента можно определить на основе взаимосвязи между распределением действующих напряжений и его прочностных характеристик, используя теорию отказов, которая утверждает, что если прочность материала элемента является меньшей, чем напряжения от нагрузки, приложенной к этому элементу, то он повреждается. К сожалению такой подход можно испльзовать только для тех элементов СКВ, которые непосредственно воспринимают механическую нагрузку.

Проблему исследования надежности группы машин, эксплуатируемых в реальных условиях, можно рассматривать как анализ системы S, тоесть специально выделенной генеральной совокупности подсистем, связанных определенными зависимостями или воздействиями. В соответствии с принципами системного анализа, цель исследований должна быть разделена на части. В каждой такой части имеется своя цель исследований, которую рассматриваем как підсистему $\mathbf{S_i}$, i = 1, 2,… системы S.

Практически все позиции рассмотренной литературы предусматривают исследования надежности оборудования, системы или механизма в соответствии с моделью надежности (MN). Ее построение предполагает построение двух следующих моделей: конструкционной (MK) и функциональной (MF), адаптированных к задачам исследования надежности.

Методы структурной надежности чаще всего описывают отказ выбранного отдельного фрагмента или элемента системы, приводящего к граничному состоянию - разрушению. Вопросы ремонтируемости объекта не принимаются во внимание, а отказ имеет внезапный или усталостный характер.

Общая формулировка проблемы структурной надежности касается определения зависимости между вектором случайной переменной χ, представляющей неопределенные величины, описывающие конструкцию, и функци-

ей повреждаемости g(W,L) описывающей предельное состояние конструкции. Функция повреждаемости основана на „механическом поведении" конструкции и чаще всего представляется в виде множества переменных показателей прочности W = W(χ) = [(например: граница пластичности, допускаемые перемещения, усталостная прочность), а также как множество результатов воздействия загрузки (напряжения, деформации, перемещения, глубина трещины).

$$\mathbf{L} = \mathbf{L}(\chi) = [\mathbf{L}_1, \ldots, \mathbf{L}_p]^p$$

Условно, функцию повреждаемости можно представить так, что g(W,L) = 0 обозначает поверхность предельного состояния, а g(W,L) < 0 обозначает превышение предельного состояния, рассматриваемое как отказ. Как будет это представлено далее, подобным образом определялись так называемые «слабые места» в оборудовании при использовании мер значимости элементов в системе.

В технических системах встречаются ситуации, в которых несоответствие некоторых свойств элементов системы поставленным к ним требованиям не приводит к утрате ее работоспособности (сохраняется состояние полной работоспособности) или может наступить состояние, условно называемое состоянием промежуточной работоспособности. Такие системы называют системами с избыточной структурой надежности и являются основной тематикой работ в которых рассматриваются вопросы избыточности и резервирования. Следует отметить, что системы с избыточной структурой надежности в определенных условиях могут нармально эксплуатироваться даже при наличии отказов или невыполнения условий соответствия всех свойств системы поставленным им требованиям. Описанные в представленных работах зависимости избыточности и резервирования широко используются в СКВ, поэтому их учет при анализе надежности СКВ является обязательным.

При определении надежности систем с большой степенью сложности хорошие результаты дает метод функциональных связей и сечений для представления любой структуры системы со структуральным избытком (разветвленной или неразветвленной) в виде двух вариантов структур: одной как структуры с распределительным резервированием, а другой - с общим. Надежности R_P и R_S, определенные на основе таких представлений структур, оценивают надежность снизу (R_P) и сверху (R_S). Именно такая методика была принята для анализа надежности систем СКВ в представленной работе.

Иногда при рассмотрении вопросов надежности используют метод анализа так называемого древа отказов. Необходимо отметить, что при помощи древа отказов можно моделировать только те отказы, которые приводят к появлению состояния, определяемого пиковыми событиями.

После определения пикового события, рассмотрение остальных элементов древа проводится с использованием принципа непосредственной причины. То есть для данного уровня анализа появляется обязательное условие использования всех и достаточных причин, приводящих к существованию

пикового события, а также установлению логических связей, выступающих между ними.

В технических системах можно выделить две основные группы элементов:

1. невосстанавливаемые;
2. восстанавливаемые.

Подавляющее большинство элементов принадлежит ко второй группе, однако принятие допущения о том, что после восстановления элемент имеет такую же характеристику что и новый, позволяет для анализа принять допущение об объединении этих групп, что значительно упрощает дальнейший анализ надежности. Следует отметить, что реально надежность восстановленного объекта составляет величину порядка 0,8 (реже - 0,9) от нового. Это в принципе не мешает принимать допущение об объединении групп ремонтируемых и неремонтируемых изделий, хотя и несколько усложняет проводимые при этом расчеты.

УДК 621.555

Ромашко В.Н.
Одесская национальная морская академия

Проблемы соответствия нормам выбросов SOx и NOx для судовладельцев и эксплуатационников

Двумя ключевыми группами загрязнителей в *отработавших газах дизелей* являются *окислы* серы (SOx) и *окислы* азота (NOx), вредные как для здоровья человека, так и для окружающей среды. Международная морская организация (IMO) твердо пообещала в ближайшее время существенно ограничить выбросы этих соединений.

Было принято выбросы окислов серы нормировать в соответствии с содержанием серы в топливе, а выбросы окислов азота — исходя из типа судового дизеля. Чтобы соответствовать требованиям новых нормативов по выбросам SOx у судовладельцев есть несколько путей.

В связи с тем, что промышленность практически не выпускает тяжелых сортов топлива с содержанием серы 0,1 %, суда с января 2015 г. должны будут использовать легкие сорта топлива. Производство достаточного количества дистиллятов для главных двигателей, чтобы соответствовать требованиям IMO 2015, будет "трудным" и "значительно дорогостоящим". Это производство нуждается в "глобальных инвестициях в нефтеперерабатывающую отрасль" и "может быть не выполнимо экономически ". Переход от мазута к дизельному топливу обернется возрастанием затрат. Например, эксплуатация судна средних размеров возрастет ориентировочно на $3 млн. в год.

Переоборудование судовых энергетических установок на использование сжиженного природного газа (СПГ) требует значительных финансовых затрат. Во многих морских портах отсутствует общедоступная инфраструктура

для бункеровки СПГ. Кроме того, ставится под сомнение безопасность бункеровки СПГ, потому как еще не разработаны инструкции по безопасности, а также возможное воздействие на экологию, отсутствуют нормативы по размещению газовых терминалов вблизи портов.Применение на судах скрубберов для очистки выхлопных газов также сопряжено с определёнными трудностями. Основная масса производимого оборудования влияет на остойчивость судна, поэтому для некоторых типов судов, особенно для пассажирского флота, установка скруббера невозможна. К тому же приличный вес оборудования – порядка 500 т – отбирает полезный объем у грузоподъемности судна. Все это ставит на очистном оборудовании увесистый знак вопроса. Таким образом, в настоящее время судовладельцы не в состоянии выполнить в полной мере всех требований Конвенции.

Введение новых правил приведет к росту стоимости перевозки грузов и может спровоцировать переориентирование грузовладельцев на другие порты и виды транспорта. В борьбе за экологию «зеленые» так перегнули палку, что могут получить прямо противоположный результат. Из-за роста тарифов грузы могут переместиться от самого экологичного водного транспорта на гораздо менее чистые – автомобильный и железнодорожный.

В этой связи многие страны инициировали обращение в IMO с обоснованием необходимости переноса сроков вступления в силу требований по содержанию серы в судовом топливе в особых районах, как минимум, на 5 лет до появления более совершенных технологий и необходимой инфраструктуры. Что же касается выбросов окислов азота NOx, то следует отметить, что выполнение требований уровня II возможно за счет изменения параметров работы двигателя.

Для соответствия требованиям уровня II разработчики дизелей предлагают две категории методов снижения выбросов с выхлопными газами. Первичные позволяют достигнуть 30% снижения выбросов NOx. Суть метода – в понижении температуры горения топлива, поскольку именно высокие температуры и приводят к окислению азота. Но эти методы имеют недостатки:

- при уменьшении угла опережения подачи топлива наблюдается снижение выбросов оксидов азота до 10-30 %, но влечет за собой увеличение удельного расхода топлива на 4-5 % и дымности на 2-5 %;
- перевод двигателя на работу на водотопливной эмульсии имеет недостатки, из которых главный – катастрофическое ускорение ржавления во всех элементах топливной аппаратуры и цилиндропоршневой группы;
- прямой впрыск воды в цилиндры двигателя и другие мероприятия могут быть реализованы в основном на этапе проектирования и изготовления двигателя и его систем. Для существующего парка двигателей этот путь неприемлем из-за существенных финансовых затрат и значительного объема работ, связанных с заменой целых агрегатов и систем.

Вторичные методы направлены на удаление вредных выбросов из выпускных газов и осуществляются вне цилиндра двигателя. Они наиболее эффективные, но в тоже время сложные и дорогостоящие.

Один из методов - использование скрубберов. Способ очистки в данных устройствах основан на промывке газа жидкостью. Также для снижения выбросов NOx предлагается применять так называемый SCR. Каталитическая очистка выхлопных газов производится в специальном реакторе, который устанавливается на выхлопе перед ГТН. Но такие установки, во-первых дороги и занимают много места, во-вторых у них масса ограничений. Скруббер очищает выхлопы, нейтрализуя окислы азота впрыском мочевины и работает в строго определенном диапазоне температур, и если его не соблюдать, то вместо окислов азота в атмосферу будет выбрасываться аммиак, что еще хуже. Система чувствительна к отравлению окислами серы при содержании серы в топливе более 1 %, а также в случае попадания на катализатор (при неисправности топливной системы) несгоревшего топлива и масел. Все это неизбежно приводит к необходимости замены катализатора и расходам в размере около 1 млн евро.

Кроме того, нужно предусматривать отдельный танк для мочевины и добавлять расходы на нее к общим расходам на топливо. Капитальные затраты судовладельцев в связи с установкой скрубберов увеличатся на 50 евро за каждый кВт мощности судовой установки, а операционные – на 5-7 евро за каждый кВт.

С точки зрения эксплуатационных расходов возникают проблемы: не налажена инфраструктура, которая заправляла бы установки водным раствором мочевины; не отработана схема утилизации отработавших катализаторов; сроки службы катализаторов производителями пока не заявляются.

Новая редакция правила 13 Приложения IV Конвенции МАРПОЛ (66 сессия ИМО, апрель 2014 г.) утвердила существующие особые зоны контроля азотсодержащих выбросов NOx - побережье Канады, США и район Карибского моря. Таким образом, если основным способом сокращения окислов серы в выхлопных газах является использование низкосернистого топлива, то для сокращения выбросов окислов азота однозначных и надежных решений пока нет.

Можно сделать вывод, что при введении новых требований по охране окружающей среды должен быть найден баланс между безопасностью, экономикой и техническими возможностями.

УДК 626.61.052

Кирис В. А.
Одесская национальная морская академия

Пути решения проблемы водоснабжения танкеров

Мировой танкерный флот насчитывает около 14000 судов, из которых более пяти тысяч – танкеры-продуктовозы. Социальная безопасность судна связана с необходимостью непрерывного функционирования эрготических систем на всех этапах рейса. С этим связано постоянное нахождение экипажа на борту судна. Поэтому создание необходимых гигиенических и санитарно-технических условий обитаемости является неотъемлемыми требованиями классификационных обществ. Это обстоятельство, в первую очередь, касается водоснабжения судна

Зачастую проблема водоснабжения решается закупкой воды из береговых источников с последующим хранением в специальных танках. Вместе с тем режим работы танкеров в последнее десятилетие связан с большой отдалённостью погрузочных комплексов от портовых коммуникаций, увеличивая период снабжения судна до максимума. Это вызывает необходимость выработки пресной воды в условиях судна. Так, танкеры, работающие в районе Южной Америки, имеют определенную специфику в планировании рейсов, а именно возможны частые простои в ожидании погрузки-выгрузки при переходах длительностью около двух суток. Судовая утилизационная водоопреснительная установка, как правило, не работает при остановленном главном двигателе, так как большая часть опреснителей, установленных на современные суда, не предназначена для работы на паре, отработавшем в грузовых паротурбинных насосах, а также на охлаждающей воде вспомогательных дизелей. Однако закупка пресной воды в портах бывает невозможна, так как нефтеперевалочные терминалы и нефтяные вышки используют мульти- и монобуи в качестве причалов. Недостаток воды делает жизнедеятельность и труд на борту судна не соответствующим международным нормам и конвенциям.

Для поиска энергии на опреснение было произведено экспериментальное наблюдение за источниками бросовой энергии от тепловых двигателей судна. При этом рейс был разбит на этапы: переход, маневрирование, стоянка на якоре, погрузка, выгрузка.

За время работы на танкерах-продуктовозах SELECAO и SOCRATES были рассмотрены энергопотоки на различных режимах работы судов. Тепловой баланс СЭУ на стоянке в порту, во время простоя на якоре и в ходовом режиме существенно отличается. Так, в **ходовом режиме** основными потребителями химической энергии является главный двигатель, дизель-генераторы (для судов без ВГ), вспомогательные котлы, инсинераторы (периодически). При этом производят они разные виды энергии - химическая энергия топлива преобразуется в механическую, тепловую, электрическую

энергию и расходуется, в основном, на передвижение судна, а также на приводы механизмов, обогрев груза и подготовку топлива, обеспечение обитаемости экипажа, утилизацию различных отходов.

В режиме **маневрирования** главный двигатель не является устойчивым источником тепловой энергии. Однако в этом режиме в работу вводятся все дизель-генераторы, вспомогательное оборудование (компрессоры пускового воздуха, электрокомпрессоры наддувочного воздуха и т.д.), производящие значительное количество бросовой теплоты.

Во время **якорной стоянки** главный двигатель исключается из потребителей химической энергии, но остаётся потребителем тепловой (обогрев ГД для поддержания его в состоянии готовности), а основным потребителем становится дизель-генератор, либо вспомогательный котел (при обогреве груза). Полученная электрическая энергия расходуется на привод механизмов, насосов, обеспечение обитаемости экипажа, в ночное время – на освещение судна, а тепловая – на вышеупомянутый обогрев ГД, обогрев и подготовку топлива и груза.

При стоянке в порту на погрузке тепловой баланс незначительно отличается от теплового баланса при простое на якоре, с той лишь разницей, что добавляются потребители электроэнергии – балластные насосы.

Во время **стоянки в порту** при выгрузке основным потребителем химической энергии топлива, преобразованной в тепловую во вспомогательных котлах, являются паровые турбины, приводящие в движение грузовые насосы. Также тепловая энергия может расходоваться на дополнительный подогрев груза, подогрев и подготовку топлива, обеспечение обитаемости экипажа. Электрическая энергия, производимая дизель-генераторами, расходуется в основном на привод балластных насосов, обеспечение работы механизмов, обитаемости экипажа, в ночное время – освещение судна. Подробные данные по результатам наблюдений будут приведены в докладе.

Выводы. Энергия, необходимая для обеспечения социальной безопасности в части водоснабжения путем дистилляции морской воды, имеет дискретный характер. С учётом особенностей снабжения судов стоит задача опреснения на всех этапах рейса. Решение задачи состоит в выборе режимов работы судовых утилизационных водоопреснительных установок от различных источников энергии, так как это необходимо не только для ходового режима работы судна, но и для стоянок в портах и на якоре. Расход воды в процессе рейса также варьируется, и вследствие этого непостоянства необходим демпфирующий элемент в виде дополнительных цистерн либо танков.

УДК 536.24.621.791.55

Бурдыкина Т. М., Ярошенко И. А. , рук.доц. Лебедев Б. В.
Одесская национальная морская академия

Повышение надежности деталей СТС путем применения новых технологий в области сварки

Для преодоления кризиса, продолжающегося в судостроении и судоремонте необходим комплекс мер, одной из составляющих которого должно стать внедрение новых технологий.

При эксплуатации судов неизбежно возникают задачи связанные с ремонтом, который может осуществляться путем восстановления целостности вышедших из строя деталей и путем восстановления изношенных рабочих поверхностей. Для решения подобных задач как при заводском ремонте, так и при ремонте во время эксплуатации - непосредственно в рейсе широко применяются традиционные способы сварки - в первую очередь ручная, плавящимися электродами - способ не лишенный недостатков, касающихся в первую очередь квалификации персонала и качества получаемых сварных соединений и наплавляемых поверхностей.

Тем более, что повышение надежности эксплуатации рабочих поверхностей может быть достигнуто наплавкой на ее поверхности не материалом аналогичным материалу детали, но и новыми материалами, имеющими более высокие эксплуатационные характеристики – прочность, твердость, износостойкость, жаропрочность, жаростойкость.

В настоящее время рассматриваются возможности проведения таких работ с помощью термохимических паяльно-сварочных и нагревательных средств, которые не требуют высокой квалификации персонала и могут работать независимо от наличия спец. оборудования и источников внешней энергии.

Уже испытаны паяльно-сварочные и нагревательные термохимические средства, изготовленные в виде цилиндрических стержней и цилиндрических шашек изготовленных из технологических экзотермических смесей.

Накопленный к настоящему моменту опыт позволят ставить вопрос об использовании данных устройств для ремонта СТС, как при заводском ремонте, так и не выводя судно из эксплуатации.

При изготовлении таких средств мощность нагревательных средств, а значит и номенклатура задач перед ними, может колебаться в значительных пределах и в настоящее время начаты работы по ее регулированию непосредственно в процессе проведения сварочных работ.

Таким образом - способ сварки с использованием энергонезависимых паяльно-сварочных средств является новым и перспективным и может - при соответствующей доработке применятся в судоремонте.

УДК 536.24.621.791.55

Доц. Лебедев Б. В.
Одесская национальная морская академия

Повышение надежности функционирования деталей СТС применением новых технологий ремонта

Исследования по применению энергонезависимых сварочных средств в области восстановления и ремонта деталей СТС остаются актуальными из-за недостаточной энергетической мощности, и сложностями в управлении ею.

Цель доклада - повышение эффективности автономных технологий технологии сварки, резки металлов, нанесения на их поверхность специальных слоев - защитных, антифрикционных, устойчивых к истиранию и т. д., лишенных указанных недостатков.

Объектом исследований стали использование энерговыделяющие смеси для сварочных и связанных с ними технологий.

Основным предметом исследований стали параметры технологических процессов, удельная тепловая мощность, смесями при экзотермических реакциях; виды технологических смесей, для придания ремонтопригодным деталям определенных механических свойств.

Экспериментальные исследования показали, что удельная тепловая мощность не является универсальной характеристикой смеси, так как для получения качественного шва, просто нагрева свариваемого металла недостаточно.

Важной характеристикой качества шва является КПД термитного устройства и для его определения которого, необходимо рассмотреть процесс нагрева при данном виде сварки.

Теплоперенос при нагреве осуществляется расплавленным металлом по следующей схеме: перегрев металла до температуры 2600 - 28000С в ядре реакции, перенос металла на холодную поверхность соединяемых деталей, кристаллизация части металла с выделением теплоты кристаллизации, теплообмен между кристаллизованным свариваемым и металлом.

Так как часть металла, попадающая на холодную поверхность свариваемого изделия, кристаллизуется с высокой скоростью, то процесс теплообмена с достаточной корректностью может быть описан граничными условиями четвертого рода.

В этом случае КПД термитного стержня может быть рассчитан по выражению:

$$\eta = \frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_T + \varepsilon_M},$$

где ε_m, $\varepsilon_м$ - коэффициенты тепловой активности металла:

$$\left(\varepsilon = \sqrt{\lambda \cdot C \cdot \rho}\right).$$

Расчеты тепловой мощности по указанным выражениям показывают, что для нагрева образцов одинаковой толщины до одинаковой температуры, при одинаковых условиях экзотермическая смесь, выделяющая железо, должна обладать в 1,4 раза большей тепловой мощностью, чем смесь выделяющая медь.

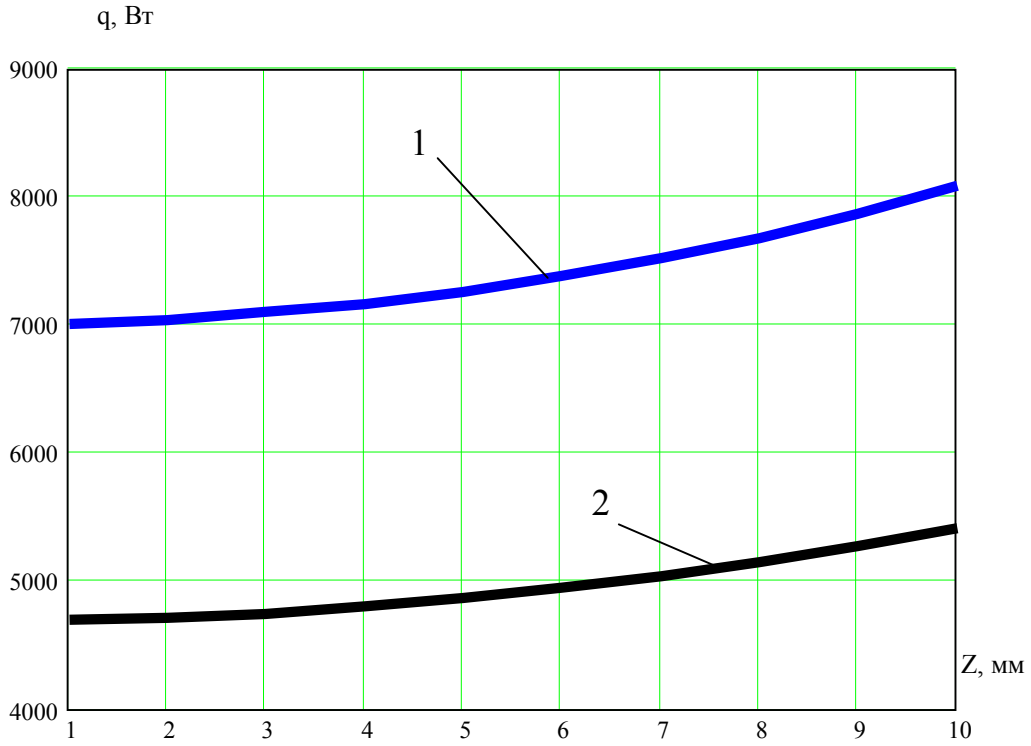


Рис. 1. Зависимость необходимой тепловой мощности q термитных стержней, выделяющих сталь – 1 и медь - 2, для сварки стали от толщины свариваемого металла Z.

Требуемая тепловая мощность достигается за счет высокоэкзотермических химических реакций замещения, протекающих с выделением присадочного металла (меди).

Тепловая мощность экзотермического приспособления зависит от: "энергетического выхода" реакции, скорости реакции, количества сгорающих одновременно реагентов, КПД устройства и др.

Наибольшим "энергетическим выходом" обладают реакции с применением активных металлов - алюминия, магния, бора в качестве восстановителя.

Оптимальным восстановителем представляется применение бора в комбинации с силикокальцием.

В этом случае комплекс реакций протекающих при горении смеси, представляется в следующем виде:

$$CuO + 2B = B_2O + Cu,$$

$$NaNo3 + 2B = NaNO_2 + B_2O,$$

$$3CuO + CaSi_2 = 3Cu + 2SiO + CaO,$$

$$3NaNO_3 + CaSi_2 = 3NaNo_2 + CaO + 2SiO,$$

Скорость горения смеси составляет в нормальных условиях 2 - 4 мм/сек.

Она может быть увеличена за счет уплотнения смеси (повышения ее плотности с 2 до 4 г/см3).

Экспериментально установлено, что скорость реакции не зависит (или слабо зависит) от внешнего давления и температуры окружающей среды, а увеличение площади горения имеет технологические ограничения, связанные с нагревом основного металла при сварке и наплавке.

Раннее считалось, что скорость реакции, а следовательно тепловая мощность не может изменятся в процессе реакции.

В настоящее время проводятся работы над приспособлением, позволяющем замедлять реакцию, уменьшая тепловую мощность, за счет изменения химического состава смеси непосредственно в процессе горения путем ввода в активную зону горения замедляющего реакцию состав - например (NH2)CO - мочевину, которая вступает в реакцию с оксидом меди:

$$2CuO + (NH_2)CO = 2Cu + O(NH_2).$$

Скорость реакции оксида меди с мочевиной почти в два с половиной раза меньше, чем у основной смеси. Введение мочевины замедляет общую скорость реакции.

При этом зависимость скорости горения от количества введенного в зону горения замедлителя не носит линейного характера, из-за неравномерности распределения замедлителя в зоне сварки.

Проводятся исследования по анализу эффективности применения замедлителей и накопление материалов для установления закономерности изменения скорости горения от состава применяемых смесей-замедлителей, что должно привести к повышению качества сварки и наплавки при проведении ремонтно-восстановительных работ.

Выводы:

1. Тепловая мощность смесей, выделяющих медь, в экзотермических реакциях с применением термитного стержня в 1,4 раза больше, чем у аналогичных смесей, выделяющих железо.
2. Оптимальным восстанавливающим свойством обладает бор в комбинации с селикокальцием.
3. Введение мочевины в область сварки замедляет скорость горения, что может стать основой для управляемого технологического процесса сварки и резки металла.

УДК 621.431.74

Д.т.н, проф. Молодцов Н.С.
Одесская национальная морская академия

Разработка научно-технических основ обеспечения надежности сопряжений деталей СТС путем усовершенствования инженерии рабочих поверхностей, способов ремонта и смазывания

Известно, что одним из основных показателей качества судовых технических средств (СТС) является их надежность, а все разрушения сопряжений деталей СТС (износные, коррозионные, прочностные, контактные, усталостные и др.), как правило, начинаются с поверхности.

Экономическая целесообразность комплексного обеспечения надежности сопряжений деталей СТС обусловила необходимость аналогичного подхода к их рабочим поверхностям, что и положило начало учению об инженерии поверхности, ставшего одним из новых направлений в науке и технологии. Это направление выбрано в качестве методологической основы при выполнении указанной темы, зарегистрированной до конца 2017 года и ставшей продолжением ранее выполненной (Гос.рег. № 0109U001537).

Изучение качества рабочих поверхностей осуществлялось от учета неровностей до комплексной оценки их состояния, учитывающей как все виды неровностей, так и параметры шероховатости и физико-химического состояния (табл.1 и 2) [1].

Таблица 1. Рекомендуемые параметры шероховатости рабочих поверхностей деталей машин

Эксплуатационные свойства	Параметры шероховатости рабочих поверхностей	Направление неровностей
Контактная жесткость Износостойкость	*Ra, Sm, tp, (Rp)*	∥ или ⊥
Прочность Усталая прочность	*Rmax, Sm*	
Контактная прочность Фреттингостойкость Виброустойчивость	*Ra, Sm, tp, (Rp)*	
Коррозионная стойкость	*Ra, Sm, S*	-
Прочность сцепления покрытий	*Ra,Sm*	∥ или ⊥
Герметичность соединения	*Ra, Sm, tp, (Rp)*	
Прочность посадок	*Ra, tp, (Rp)*	
Теплопроводность	*Ra, Sm, tp, (Rp)*	

Таблица 2. Параметры физико-химического состояния поверхностного слоя

Характеристика поверхностного слоя	Наименование параметра	Обозначение
Структура	Размер зерен, мкм	$l_з$
	Форма и распределение зерен	-
	Ориентация решетки монокристаллического материала	
	Текстура поликристаллического материала	
	Плотность дислокаций, см	P_D
	Концентрация вакансий	c_v
	Размер (форма) блоков, нм	$l_б$
	Угол разориентировки блоков, град	$a_б$
	Размер областей когерентного рассеяния, нм	(D)
	Среднее квадратическое смещение атомов, вызванное статическими искажениями решетки,нм	(u^2)
	Среднее квадратическое смещение атомов, вызванное их тепловыми колебаниями, нм^2	(u^2)
Фазовый состав	Число, концентрация и распределение фаз	-
	Тип кристалической структуры фаз	MS
	Параметры решетки фаз, нм	a,b,c
	То же, градус	α, β, γ
Химический состав	Профиль концентрации элементов в поверхностном слое, %	C_X
	Концентраця элементов в фазах, %	$c_ф$
Деформация (наклеп)	Степень деформации, %	ε
	Глубина наклепа, %	$h_н$
	Степень наклепа, мкм	$U_н$
	Градиент наклепа, HV/ мм	$u_{гр}$
	Микродеформации решетки, %	(ε)
Остаточные напряжения	Макронапряжение (напряжение первого рода), МПа	$σ_{ост}$
	Микронапряжение (напряжение второго рода), МПа	$σ''_{ост}$
	Статическое искажение решетки (напряжение третьего рода), МПа	$σ''_{ост}$
Экзоэлектронная эмиссия	Интенсивность эмиссии, импульс/с	I
	Работа выхода электронов, эВ	φ
	Глубина выхода электронов, нм	Λ

Методология выполнения темы заключается в том, чтобы на основе научно обоснованного определения геометрии и физико-химических и механических свойств рабочих поверхностей, процессов их модифицирования различными методами и новых (скорректированных) условий смазывания, разработать такие технологии ремонта (восстановления) и условия смазывания сопряжений деталей, которые бы обеспечивали их безотказность и экономически целесообразную долговечность при эксплуатации. Под обеспечением надежности понимается в данном случае выполнение совокупности необходимых средств по ремонту (восстановлению) и техническому обслуживанию сопряжений деталей СТС для обеспечения ими заданных функций.

Ответственными исполнителями по соответствующим разделам темы являются к.т.н., доценты Богач В.М. и Слободянюк И.М., аспирант Журавлев Ю.И. и др. Результаты их исследований приведены в соответствующих докладах конференции. В выполнении работы принимают участие также другие сотрудники кафедры ТМС ОНМА и курсанты.

Анализируя этапы жизненного цикла инженерии поверхности деталей (рис.1[1]) очевидно, что для решения нашей проблемы представляют интерес только этапы № 6 и 7.

Рис. 1. Этапы жизненного цикла инженерии поверхности деталей

На этапе 6 инженерии поверхности деталей - эксплуатация до первого отказа, происходят значительные изменения в качестве, которые могут оказать соответствующее влияние в дальнейшем. Подтверждением этому являются многочисленные исследования, приведенные в [1, 2 и др.]. Что же касается эксплуатации поверхности деталей после ремонта и восстановления (этап 7), то в этом случае постоянно требуются дополнительные исследования, поскольку из-за применения различных методов восстановления, обработки и смазывания, инженерия их рабочих поверхностей существенно отличаются от аналогичных на этапе 6. К тому же технологическая наследственность и релаксационные процессы изменяют химические и физико-механические свойства металла поверхностного слоя. Поэтому ремонт и восстановление поверхностных слоев деталей являются важнейшим этапом в инженерии поверхности деталей.

Учитывая сложность и взаимосвязанность рассмотренных вопросов, для их решения принято целесообразным использование системного подхода.

Рассматривая инженерию поверхности как некоторый технический объект в виде системы, в качестве предопределяющих подсистем определены: параметры и характеристика поверхностного слоя, процессы его модифицирования и условия смазывания.

К параметрам поверхности следует отнести: геометрическую форму и физико-химическое состояние (табл.1и 2); к процессам модифицирования: способы наращивания, упрочнения и специальные методы обработки; к условиям смазывания: температуру, давление, присадки и др.

Исследования в указанном направлении проводятся для сопряжений деталей ЦПГ, вал-втулка, подшипника скольжения, коленчатого вала и др. Их результаты представлены в соответствующих докладах ответственных исполнителей. Для продолжения исследований на кафедре подготовлены следующие установки: наплавки в среде CO2, поверхностного упрочнения трением (ПУТ), электроискровой обработки (наращивание и упрочнение) и др.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инженерия поверхности деталей. / Колл. авт.: под. Ред. А. Г. Суслова. М.: Машиностроение. 2008. – 320 с.

2. Суслов А.Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей. М.: Машиностроение 1987. 207 с

3. Мухин, В.С. Инженерия поверхности деталей машин/ В. С. Мухин, А. М. Смыслов: Вестник УГАТУ, 2009. Т.12, №4 (33). С.106-112.

УДК 621.418.71

Богач В.М., Молодцов Н.С.
Одесская национальная морская академия

Повышение эффективности смазывания сопряжений деталей ЦПГ МОД при их восстановлении и эксплуатации путем оптимизации инженерии их рабочих поверхностей

Перед судостроительной промышленностью и флотом стоит общая задача - повышение эксплуатационной надежности судов за счет совместных мероприятий сфер производства и эксплуатации. Данная задача применительно к судовым двигателям решается путем совершенствования как конструкций, так и методов их технической эксплуатации и ремонта.

При устойчивой направленности форсирования современных малооборотных дизелей, несмотря на заметный рост удельных расходов и применение смазочных материалов высокого качества, недостатки существующих систем маслоподачи проявляются все более выраженно.

Это говорит о том, что возможности созданных масел компенсировать несовершенство маслоподающих устройств подходят к пределу, за которым нормальная работа форсированных дизелей возможна только при заниженной мощности, или при использовании каких-либо новых, скажем, синтетических масел, способных выполнять свои функции в более жестких условиях подачи, чем масла на минеральной основе. Важное значение при этом приобретают вопросы связанные с обеспечением режимов смазывания в соответствии с изменяющимися в процессе эсплуатации прочностными характеристиками поверхностей трения.

Качество изготавливаемого изделия определяется методом и режимами обработки, применяемым оборудованием, уровнем автоматизации и методами контроля. Отклонения в изготавливаемых деталях от назначенных величин влияют на эксплуатационные свойства изделий. Так, износостойкость обработанной поверхности будет зависеть от химического состава и структуры материала, его твердости, пределов усталости и прочности, связанных с технологией получения металла и термохимическими процессами его обработки, а также от рельефа поверхности и остаточных напряжений, зависящих от методов и режимов обработки.

В связи с интенсификацией использования, увеличением нагрузок, ростом скоростей движения и повышением требований к безопасности и экономичности эксплуатации одной из важнейших задач технической эксплуатации СДВС является обеспечение и поддержание требуемого уровня их надежности. В обеспечении необходимого уровня надежности особое место в сфере производства занимает качество конструкции и их изготовления, а в сфере использования – эффективность технической эксплуатации.

Техническая эксплуатация оказывает влияние на все свойства надежности дизелей. Так как задачей технической эксплуатации является обеспечение исправного технического состояния, предупреждение неисправностей и

отказов, то от периодичности и состава работ технического обслуживания, режимов работы, качества топлива и смазочных масел непосредственно зависит уровень безотказности судовых двигателей. Качество эксплуатационных материалов, режим работы, периодичность и состав операций технического обслуживания влияют на интенсивность изменения параметров технического состояния (износ деталей, узлов, механизмов и систем) и долговечность СДВС.

В качестве нового направления дизелестроительные фирмы видят создание алгоритма подачи смазки, основанного на анализе отработанного масла, дозировке цилиндрового масла, нагрузке на двигатель, и норме износа цилиндров (рис.1).

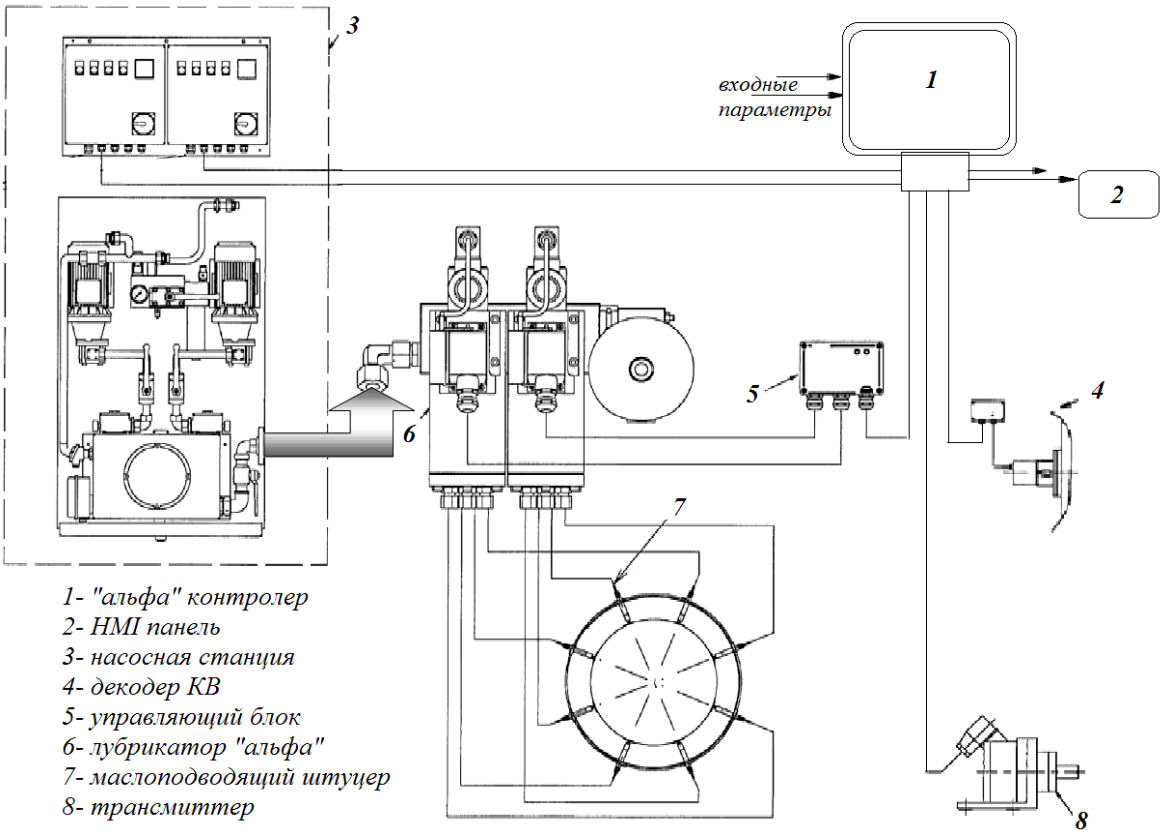


Рис.1. Концепция перспективного смазывания судовых дизелей

Состав отработанного цилиндрового масла, поступающего в подпоршневую полость, отражает химическую среду в цилиндре также как физическое состояние колец и втулки. Он отображает отношение между некоторыми из ключевых параметров в отработанном масле и фактическое состояние цилиндра. Отклонения от нормального состояния во время эксплуатации неизбежны, и много судовладельцев просто необоснованно увеличивают количество цилиндровой смазки своих двигателей, согласно ложному предположению, что они будут, таким образом, всегда в безопасности.

Однако, увеличение расхода цилиндровой смазки не только дорого - это может даже привести к задирам деталей ЦПГ из-за чрезмерных углероди-

стых отложений и явления "полировки " рабочих поверхностей. Кроме того, чрезмерная подача цилиндрового масла увеличивает дымность выхлопа. Как указывают представители судовладельцев в сервисных документах, изучение износов доказало, что оптимальная базисная установка лубрикаторов цилиндровой смазки должна быть пропорциональной нагрузке на двигатель и содержанию серы в топливе.

Автоматическая дозировки цилиндрового масла и эффективность цилиндровой смазки становятся действительно постоянно контролируемым параметром, зависящим от состава отработанного цилиндрового масла от каждого цилиндра. После обработки поступивших сигналов компьютером, передаются команды к каждому лубрикатору системы смазывания.

Оценка износа может быть основана на контроле величины расхода или контроле щёлочного числа цилиндрового масла. Сокращение величины подачи может уменьшать щелочное число, таким образом, ограничивая количество нейтрализующего агента, поступающего в цилиндр (но только до минимальной величины подачи, необходимой для смазки). При автоматическом регулировании расхода масла в зависимости от нагрузки двигателя достигалось снижение расхода цилиндрового масла, улучшение состояния деталей ЦПГ, увеличение межремонтного-периода эксплуатации и, кроме того, упрощалась конструкция системы.

Таким образом, выбор, компоновка, исследование, проектирование и наладка систем смазывания современных двигателей должны осуществляться на основе системного подхода. Необходимы единые методы анализа, единый математический аппарат исследования, единые критерии оценки качества работы как всего в целом, так и каждого его элемента в отдельности.

Важно иметь возможность прогнозировать важнейшие эксплуатационные показатели качества работы систем в целом, знать пути и способы их улучшения. При этом приходится решать вопросы оптимального проектирования этих сложных систем и оптимального управления ими. И в этом случае необходим системный подход, общие методы оптимизации.

Широкое развертывание работ по практическому использованию альтернативных топлив всех видов и низкокачественных сортов топлив нефтяного происхождения, наряду с повышением экономичности, требует значительного увеличения надежности ДВС, а также снижения трудозатрат на их обслуживание. Последние обстоятельства, с учетом многочисленности парка и модификаций судовых ДВС, находящихся в эксплуатации, становятся важным направлением улучшения использования флота и судоремонтных предприятий.

Исходя из этого, одновременно с освоением дизелей новых поколений, особую значимость приобретает повышение технико-экономических показателей многочисленного парка эксплуатирующихся двигателей путем увеличения эффективности систем, обеспечивающих их работу. Для флота это наиболее реальный путь существенного сокращения удельных расходов топлива и масла, увеличения ресурса и повышения безотказности судовых ДВС.

Известно, что эти показатели и затраты на обслуживание дизелей в первую очередь зависят от работоспособности цилиндропоршневой группы (ЦПГ), т.е. узла, который в ДВС наиболее нагружен и определяет технико-экономические показатели работы не только двигателя, но и судна в целом.

Поэтому, создание новых поколений или модернизация существующих дизелей, увеличение их мощности и повышение экономичности сопровождается необходимостью постоянного изыскания возможностей снижения износа деталей ЦПГ.

Как и прежде, так и в настоящее время широко ведутся работы по совершенствованию теплового процесса, применяется легирование материала, производится упрочнение рабочих поверхностей, отрабатываются соотношения размеров элементов деталей, их формы и способы охлаждения, используются цилиндровые масла с многофункциональными присадками и др.

Однако, сложность и недостаточная изученность условий работы деталей ЦПГ, с учетом указанной выше направленности развития ДВС, не позволяет считать проблему обеспечения ее надежности решенной. Повышенный или интенсивный износ втулок цилиндров, тронков и головок поршней, потеря подвижности, износ и поломка колец, интенсивное отложение нагара и задиры деталей ЦПГ не являются редкостью.

Для наиболее форсированных дизелей (особенно последних выпусков), у которых удельные расходы цилиндровых масел лежат в пределах 1,0 - 1,5 г/квт.ч., вскрытие цилиндров производится через 10-15 тыс. часов, причем часто с заменой всего комплекта компрессионных колец из-за их износа и поломки. Нередки случаи возгорания масла и отложений нагара в подпоршневой полости, а также интенсивный износ головок по канавкам для компрессионных колец.

Длительные наблюдения, показывают, что характер износа втулок имеет заметную связь с распределением масла. В этих условиях оценка роли систем смазывания цилиндров в снижении износа ЦПГ и расхода цилиндровых масел, разработка метода расчета этих систем или их элементов, отыскание обоснованного подхода к совершенствованию существующих конструкций или созданию новых, а также определение критериев оценки их эффективности имеет важное значение.

Разработаны и используются высококачественные цилиндровые масла как отечественного, так и зарубежного производства, которые в значительной мере позволили снизить интенсивность износов ЦПГ по сравнению с первоначальным периодом использования тяжелых топлив в совокупности с минеральными и низкощелочными маслами.

Однако все возрастающие цилиндровые мощности, теплонапряженность современных дизелей с повышенным газотурбинным наддувом и использование в них высоковязких сернистых топлив значительно ухудшают условия смазки трущейся пары кольцо-втулка, в этой связи особое значение приобретают вопросы организации качественной смазки ЦПГ, являющейся одним из

основных критериев, определяющих надежность и долговечность малооборотних дизелей на современном этапе их развития.

Источником нагарообразования в дизелях служит топливо и смазочное масло. Поступая в цилиндр, смазочное масло подвергается действию высоких температур как со стороны деталей ЦПГ, так и со стороны работающих газов, ускоряющих окислительные процессы масла, вызывая рост углеродистых отложений на деталях цилиндра в виде лаковой пленки, которая способствует задержанию на поверхности деталей продуктов неполного сгорания топлива, серы, механических примесей, частичек износа и т.д., образуя плотные абразивные нагары.

Отложения лака и нагара на деталях ЦПГ влекут за собой ряд отрицательных последствий в работе двигателя: потерю подвижности поршневых колец и повышенный их износ, уменьшение проходного сечения выхлопного тракта, износ втулок, ухудшение условий теплопередачи и повышение температуры деталей цилиндра. Таким образом, повышение нагаро- и лакообразования влечет за собой снижение надежности и долговечности двигателя.

Как было сказано выше, нагары в цилиндрах дизелей увеличивают износ пары кольцо-втулка, которая в основном является критерием, определяющим надежность и долговечность работы ЦПГ. На износ ЦПГ также оказывают влияние качество материала деталей и их обработка, эксплуатационные факторы, качество топлива, содержание в нем серы и соответствие сорта применяемого при этом смазочного масла, его щелочность и дозировка.

Таким образом, подход к решению вопросов надежности ЦПГ и экономичности работы двигателя сводился в основном к совершенствованию тепловых процессов, применению высококачественных материалов, технологии изготовления деталей и опытному подбору дозировок масла в соответствии с применяемым сортом топлива.

Роль системы смазывания в повышении технико-экономических показателей работы двигателя значительна, однако количественная оценка этой роли без учета всех факторов влияющих на надежность – невозможна.

Поэтому, подход к модернизации существующих конструкций, проектированию и разработке новых систем смазывания цилиндров дизелей, в том числе и для длинноходовых машин должен основываться, прежде всего, на результатах всесторонних теоретических и экспериментальных исследований.

УДК 621.431.74.03-57

Шебанов А.Н.,Богач В.М.
Одесская национальная морская академия

Обеспечение надежности эксплуатации систем смазывания судовых дизелей

Совершенствование процессов смазывания цилиндров путем устранения выявленных недостатков конструкций маслоподающих устройств, позволят улучшить условия распределения и использования масла в цилиндре и перейти на новый, более низкий уровень его расхода.

Наблюдения, за процессом истечения масла в цилиндры двигателей позволили выявить основные недостатки этого процесса и определить те узлы систем смазки, которые нуждаются в изменении или усовершенствовании. Это каналы-дроссели в торце штуцера; маслораспределительные канавки на зеркале ЦВ; нагнетательный маслопровод с целью увеличения частоты истечения масла в цилиндр и жесткость пружины невозвратного кдапана.

С целью обеспечения безотрывного истечения масла из канала в стенке втулки, последний должен быть изменен или модернизирован так, чтобы объем масла, заключенного между выходным срезом и невозвратным клапаном был предельно ограничен. Уменьшение скорости истечения масла из канала, может быть получено уравниванием диаметров участков канала по всей его длине и приданием ему гидравлического сопротивления, позволяющего каналу быть всегда заполненным маслом.

Уравнивание диаметров канала осуществляется рассверливанием суженных мест (участков), а увеличение сопротивления и уменьшение его объема достигается размещением в канале стержня определенного диаметра. Вопрос совершенствования геометрии каналов в стенке втулки в настоящее время рассматривается с двух позиций: с позиции устранения "выброса", если он формируется в канале стенки втулки, и с позиции обеспечения подвода масла к обеим ветвям маслораспределительных канавок.

В такой постановке (при изготовлении цилиндровой втулки) рассматриваемый вопрос решается совмещением границы окружности выходного среза маслоподводящего канала с вершиной излома нижней или верхней границы ветвей канавок, т.е. точка пересечения нижней или верхней границы обеих ветвей канавок должна быть совмещена с самой нижней точкой линии окружности отверстия.

Возможен вариант некоторого выноса отверстия вверх за пределы границ вершины излома канавок. Тогда отверстие соединяют с вершиной излома канавок углублением, исполняющим роль своеобразного устья, направляющего поток масла в канавки. Однако для выпущенных двигателей им можно воспользоваться лишь в том случае, когда втулки изготовлены без маслораспределительных канавок. У рассматриваемых двигателей отверстие маслоподводящего канала расположено так, что часть его сечения находится выше канавок, а часть - ниже. В итоге, при истечении из канала масло не попадает

в канавки, а спускается на зеркало по части сечения канала, лежащей ниже канавок.

В данном случае напрашивается необходимость уменьшения сечения канала, по крайней мере, до ширины канавок и сообщение этого канала непосредственно с канавками. В этом случае перекрывается поперечное сечение канала так, чтобы масло выходило только через канавки (рис.1).

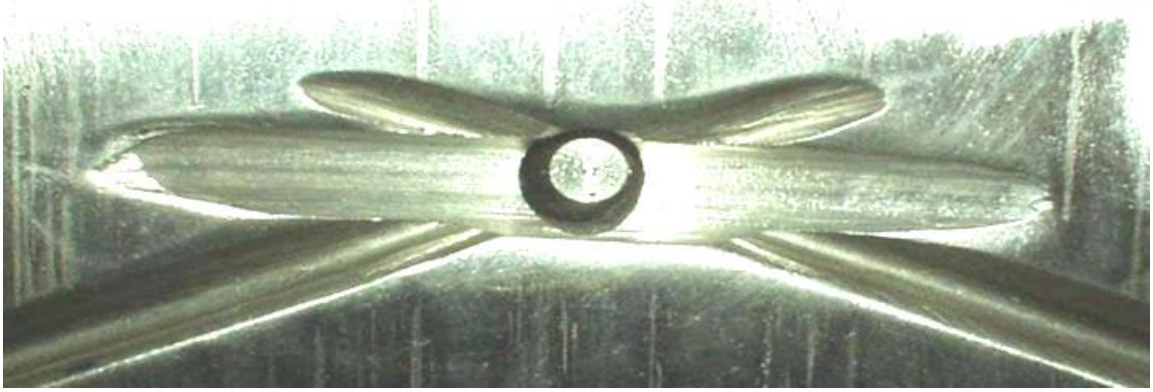


Рис.1. Форма модернизированных канавок

Отражатель размещается в пределах глубины канавок так, что между их дном и самим отражателем остается зазор, необходимый для выхода масла. В результате, достигнув отражателя, масло меняет направление движения на 90° и поступает на зеркало лишь через оставленные для его выхода щели, образованные самими же канавками и отражателем.

В некоторых случаях для обеспечения течения масла по канавкам может потребоваться лишь некоторое изменение их профиля. Вывод масла из канала в начало каждой ветви канавок не достаточен для того, чтобы оно продвигалось по самим канавкам. Для этого им необходимо придать такую форму, которая способствовала бы некоторому наполнению их маслом и вместе с наклоном обеспечила бы течение масла по обеим ветвям канавок.

Канавки желобообразной формы следует выполнять при постройке двигателя или при изготовлении цилиндровых втулок, однако такую форму относительно нетрудно придать и существующим канавкам, выполненным на втулках, находящихся в эксплуатации.

Кроме устранения "выброса" совершенствование подвода масла в цилиндры двигателей RTA имеют цель повышения регулярности подачи и равномерности распределения масла в цилиндре, особенно в случае применения лубрикаторов "Puls", при использовании которых наблюдается существенная неравномерность подачи масла по оборотам двигателя из-за отсутствия аккумулятора.

"Выброс" может быть устранен несколькими вариантами, различными по объему выполняемых работ, сложности технологических операций, стоимости усовершенствований а, следовательно, уровню конечных результатов.

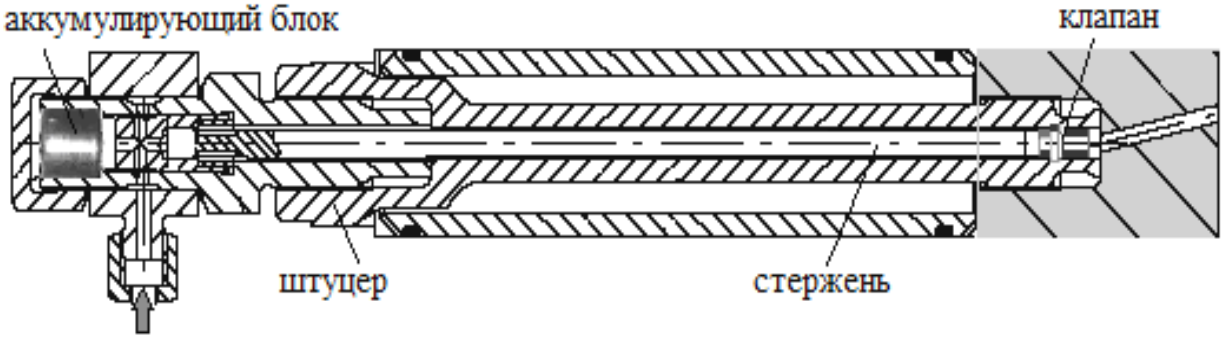
Более общий вариант - устранение "выброса" путем изменения направления истечения масла за счет использования боковых сверлений, располо-

женных под углом к каналу. Использование приведенных усовершенствований позволяет снижать расход цилиндрового масла на 10-20%.

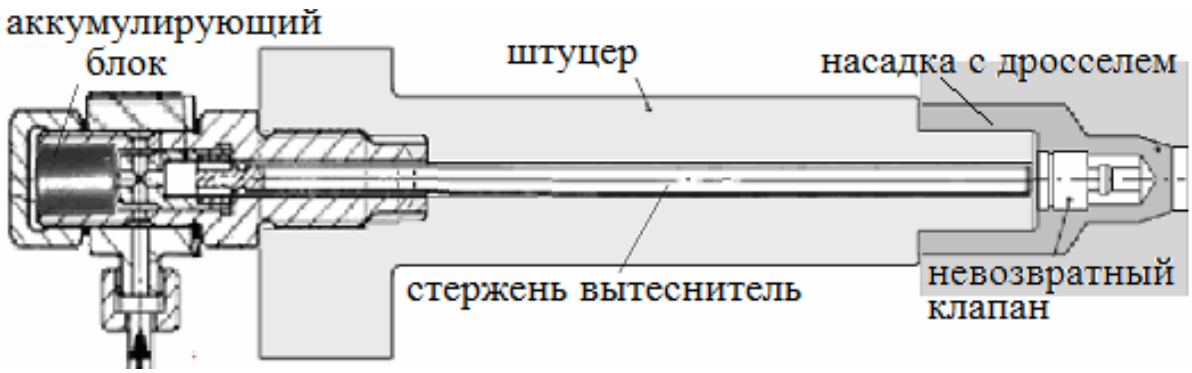
После усовершенствований, в лубрикаторную систему двигателя целесообразно включить аккумуляторы давления. Аккумуляторная система предназначена для увеличения частоты подачи масла в цилиндр за счет создания условий в нагнетательном тракте, обеспечивающих возможность разделения порции нагнетаемой плунжером, на несколько частей.

Обычная лубрикаторная система сводится к аккумуляторной, если после усовершенствования штуцеров, в нагнетательный маслопровод включить дополнительную емкость (названную аккумулятором), имеющую подпружиненную стенку. Нами разработан аккумулирующий блок (рис.2), который имея небольшие размеры устанавливается непосредственно в штуцер.

В период нагнетательного хода плунжера лубрикатора, аккумулятор, благодаря упругим свойствам, действует как компенсатор и накопитель, снижающий давление масла в системе, приближая его к постоянному.



а)



б)

Рис.2. Аккумулирующий блок давления масла установленный в штуцере:
а) 3-я модификация; б) 4-я модификация системы смазывания Puls

Упругие свойства аккумулятора выбираются из расчета создания давления масла в нагнетательном трубопроводе, превышающего противодавление не более чем на десятые доли МПа. Т.е. между давлением масла в нагнетательном маслопроводе с одной стороны, и суммой давления наддува с усилием затяжки пружины обратного клапана штуцера - с другой, при работе двигателя организовано условие близкое к равновесию.

Однако, у стандартного аккумулятора при остановке двигателя, в связи с исчезновением действия давления наддува, упомянутое равновесие нарушается, и аккумулятор быстро опустошается.

Количество масла, которое нагнетается плунжером один раз за несколько оборотов, как известно, составляет для большинства двигателей всего лишь несколько капель, в связи с чем, по технологическим причинам, размеры полости аккумулятора в десятки раз больше подаваемых в него порций.

Поэтому, последующая после пуска работа двигателя с опустошенным аккумулятором в течение десятков и даже сотен оборотов, необходимых для заполнения аккумулятора, происходит без истечения масла в цилиндр.

Этот недостаток существующих аккумуляторных систем становится опасным в период частых остановок и пусков (маневры) двигателя, когда опустошение аккумулятора может следовать практически одно за другим, нарушая эффективность работы системы смазывания.

Для устранения этого недостатка, предложено устройство (аккумулирующий блок) объем рабочей полости которого соизмерим с объемом цикловой порции масла, а характеристики аккумулятора и маслоподводящего канала соответствуют оптимальным их значениям полученным с помощью факторного эксперимента. В результате обеспечивается сокращение расхода цилиндрового масла с одновременным снижением отложения нагаров в цилиндре и износов деталей ЦПГ.

Осциллографирование процесса истечения масла из усовершенствованного канала с аккумулятором показало, что его включение в систему смазывания оказывает благоприятное воздействие на частоту поступления масла в цилиндр (рис.3, 4).

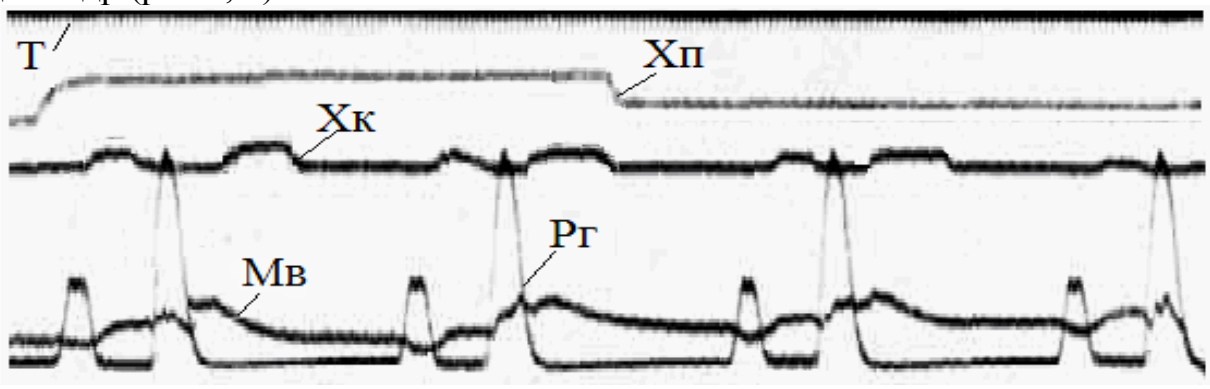


Рис.3. Осциллограмма маслоподачи лубрикатором "Puls" (начало цикла)

Благодаря аккумулятору поступление масла в штуцер осуществляется и в периоды, когда плунжер лубрикатора неподвижен или совершает ход всасывания.

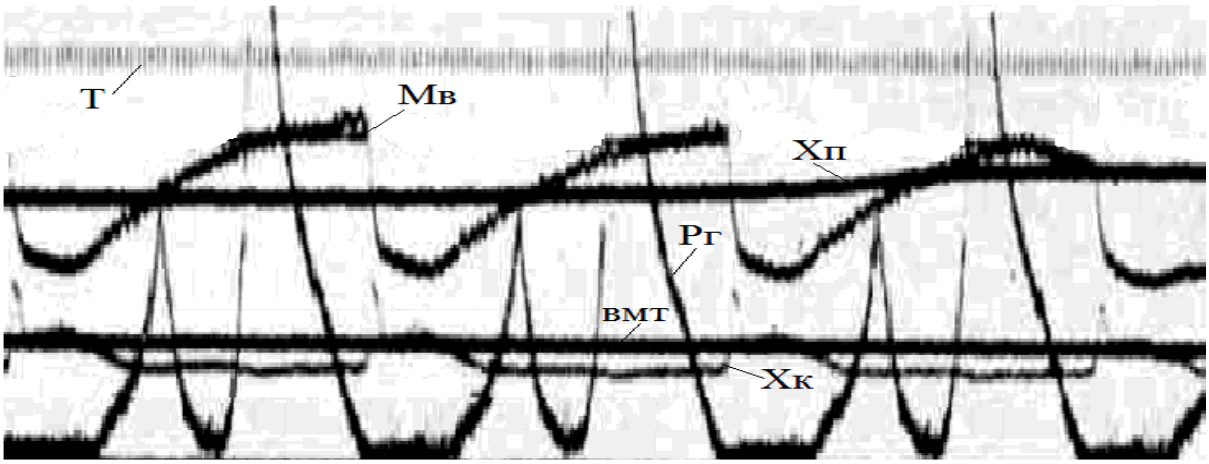


Рис.4. Осциллограмма маслоподачи лубрикатором "Puls" (конец цикла)

Следовательно, поданная за один нагнетательный ход плунжера лубрикатора порция масла, делится на несколько (до 10 и более) относительно равномерных порций, чем обеспечивается поступление масла в цилиндры двигателя на каждом обороте.

Выход масла на зеркало втулки (линия M_B) осуществляется на каждом обороте коленвала, небольшими порциями, дважды на каждом обороте двигателя, уменьшающимися по мере разгрузки аккумулятора.

Наложение осциллограммы на кривую движения поршня показало, что выход масла происходит как после 1-го, так и после 2-го импульса давления. В первой фазе истечение осуществляется, когда нижнее поршневое кольцо находится выше маслоподводящих отверстий, примерно с 310 ^{o} до 30^{o} п.к.в.,

а во второй фазе – когда поршень находится ниже линии расположения смазочных отверстий с 55^{o} п.к.в. по 305^{o} п.к.в.

Данный процесс повторяется на всех оборотах и даже между нагнетательными ходами плунжера лубрикатора, за счет постоянной разгрузки аккумулятора.

Таким, образом, включение аккумуляторов в систему смазывания цилиндров с усовершенствованными каналами обеспечивает регулярное и одновременное истечение масла из всех точек смазки цилиндра.

Кроме того, поскольку возможности для истечения масла обусловливаются промежутками между импульсами противодавления газов, процесс ввода масла в цилиндр становится синхронизированным с поршнем.

Визуальные наблюдения показали, что на установившемся режиме работы двигателя практически весь маслоподводящий канал заполнен маслом. Данное обстоятельство объясняется аккумулированием порции масла и поступлением ее в штуцер в течение всего периода между нагнетательными ходами плунжера лубрикатора, близким расположением к зеркалу цилиндра обратного клапана и предложенной геометрией заклапанной полости.

Поступление масла на зеркало происходит капельно, рис.5 (без выброса), относительно равномерными порциями на всех оборотах без перерывов в подаче.

Исследованиями " Puls " системы в сочетании с аккумуляторами установлено, что процесс подачи масла в цилиндр стал регулярным и не сопровождается "выбросом". Поступление масла на зеркало выглядит в виде капель масла, рис.6 поступающих к поверхностям трения в двух направлениях: через ветви маслораспределительных канавок, и частично стеканием вниз под отверстие.

Рис.5. Характер поступления масла из наклонного наканала при аккумулировании давления

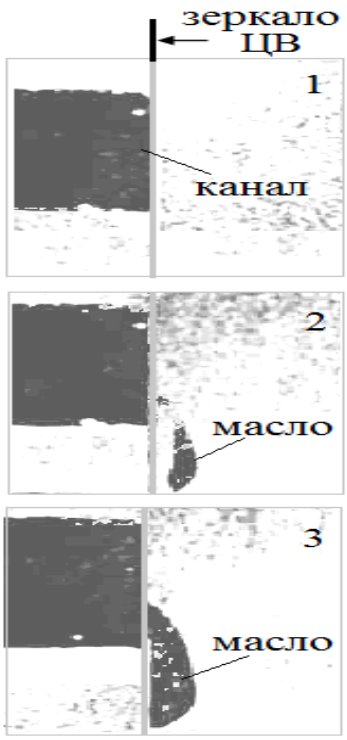


Рис.6. Характер истечения масла из радиального канала (с аккумулятором)

Параллельно с визуальным наблюдением и использованием скоростной кинорегистрации производилось осциллографирование процесса маслоподачи, которое сопровождалось регистрацией основных его параметров. Наблюдения за срезом выходного отверстия и обработка осциллограмм (рис.7) показали, что поступление масла в цилиндр (линия $M_в$) происходит регулярно, равномерными порциями, вытекающими из канала в двух фазах на каждом обороте.

После начала разгрузки аккумулятора первая фаза находится в диапазоне 315 - 35^o п.к.в., а вторая – в диапазоне 85- 310^o п.к.в.

На последнем обороте цикла разгрузки аккумулятора (рис.8) – первая фаза находится в пределах 320-40^o п.к.в., а вторая – 90 - 300^o п.к.в. При этом длительность поступления масла в цилиндр в фазах первого оборота состав-

ляет соответственно 90 и 215° п.к.в., а в фазах последнего оборота – 80 и 200° п.к.в.

В течение первых фаз всех оборотов осуществляется подача 30% масла, а в течение вторых фаз – около 70%, т.е. в период движения компрессионных колец ниже смазочных отверстий, масла поступает в цилиндр приблизительно в 2,5 раза больше, чем при движении колец над отверстиями.

Следует отметить, что применение дросселя обеспечивает регулярное поступление масла в цилиндр на всех режимах работы двигателя, в том чис-

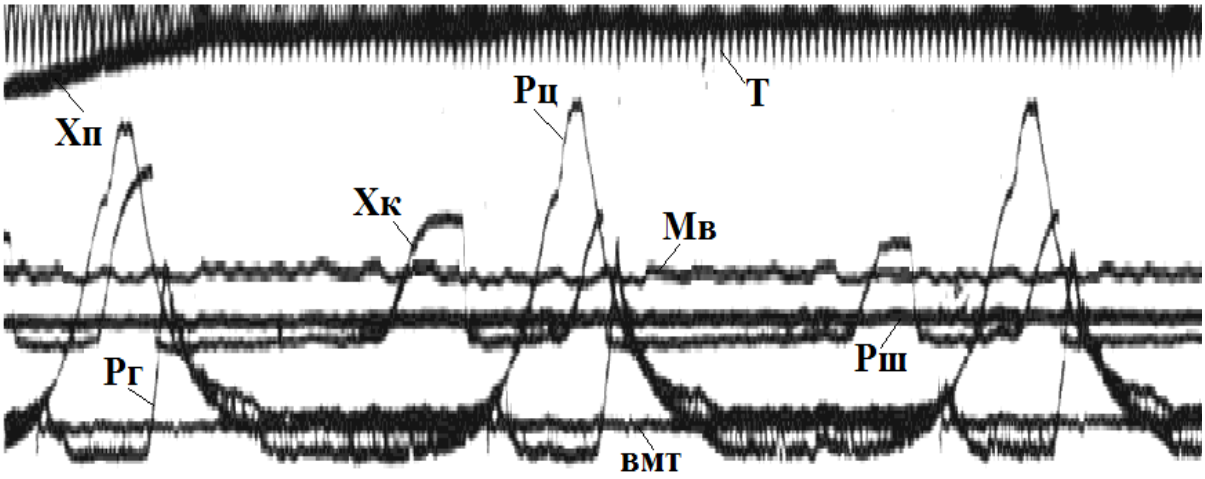


Рис.7. Осциллограмма маслоподачи лубрикатором "Puls" с аккумулированием давления (начало цикла)

ле и на переменных. Сопоставление осциллограмм работы системы "Puls" без аккумулятора и с аккумулятором, наглядно показывает преимущество аккумулирования давления масла в нагнетательном трубопроводе до обратного клапана штуцера, с последующей разгрузкой аккумулятора посредством дросселя.

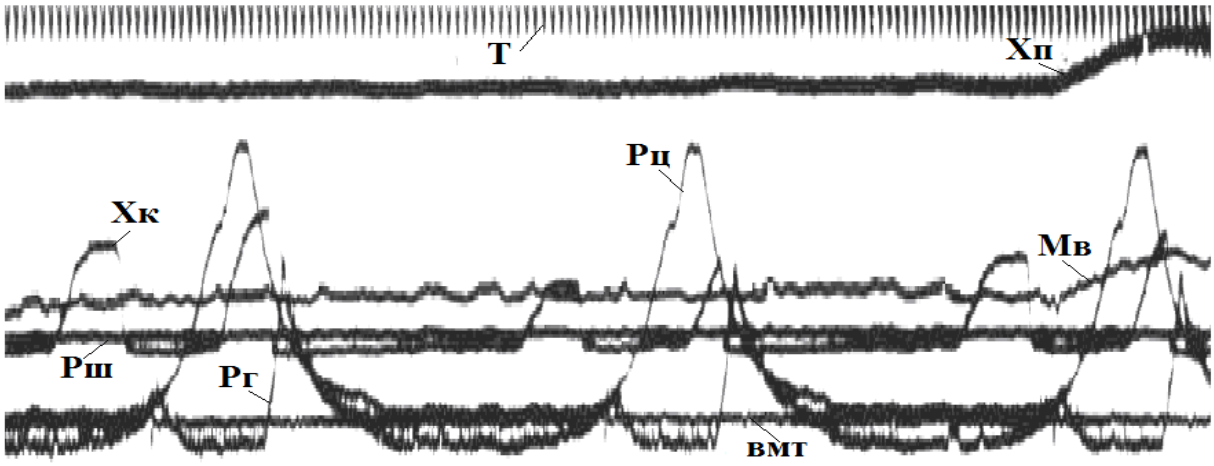


Рис.8. Осциллограмма маслоподачи лубрикатором "Puls" (конец цикла)

В результате лабораторных испытаний усовершенствованных конструкций систем смазывания цилиндров двигателей Wartsila типа RTA установ-

лено, что они обеспечивают безвыбросное, со значительно меньшими скоростями, (рис.9) равномерное и регулярное истечение масла. Это предопределяет возможность снижения расход цилиндровых масел с одновременным уменьшением нагарообразований и износов деталей ЦПГ.

Стендовыми испытаниями определены изменения процесса поступления масла в цилиндр, к которым привели новые геометрические и гидравлические характеристики элементов нагнетательного тракта системы смазывания. Устранение "выброса" привело к существенному увеличению количества масла, поступающего непосредственно на зеркало цилиндра. Одновременно с этим, за счет изменения гидравлических характеристик каналов, в 1,5-2 раза возросла частота и равномерность истечения масла на зеркало.

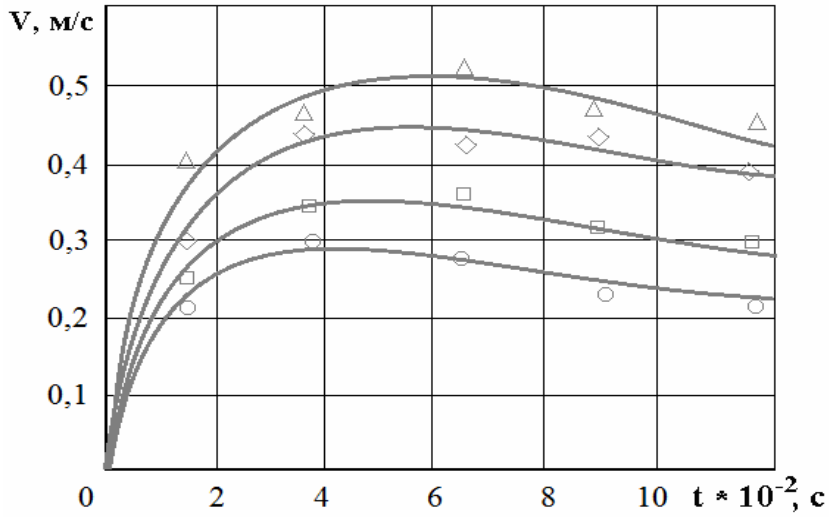


Рис.9. Скоростные характеристики процесса маслоподачи

Преобразование профиля маслораспределительных канавок в желобообразный, увеличивает количество масла, подаваемого на зеркало через канавки, что предопределяет существенное улучшение равномерности распределения масла по окружности цилиндровой втулки.

Выполненные стендовые испытания усовершенствованных систем смазывания, позволили оценить качественные изменения в процессе маслоподачи. Количественные же результаты повышения технико-экономических показателей работы двигателей за счет совершенствования систем, определялись в процессе эксплуатационных испытаний.

УДК 621.431.74.03-57

Чернышенко А.И. Рук.Богач В.М.
Одесская национальная морская академия

Особенности смазывания деталей ЦПГ судовых дизелей

В области повышения надежности и технико-экономических показателей работы дизелей существенное место занимают вопросы совершенствования систем и процессов смазывания цилиндров. Одним из перспективных путей повышения эффективности организации процесса смазывания деталей ЦПГ является применение новых систем с электронным регулированием подачи

масла и управлением работой системы посредством персональных компьютеров.

Однако создание и широкое использование таких систем ограничивается малой изученность их эффективности и противоречивостью существующих данных об их эксплуатационной надежности, что в значительной степени затрудняет решение последующих вопросов совершенствования лубрикаторных систем.

Исследования, проводимые в ОНМА [1], показывают, что имеется возможность дальнейшего улучшения процесса маслоподачи в цилиндры двигателей за счет совершенствования систем. Эксплуатационными испытаниями подтверждено, что совершенство процессов и систем дозированной подачи масла является эффективным направлением повышения экономических показателей работы судовых дизелей.

Энергетический кризис вынудил дизелестроительные фирмы перейти к созданию двигателей с большим отношением хода поршня к диаметру цилиндра. Увеличение хода поршня компенсировало снижение частоты вращения и позволило сохранить на прежнем уровне цилиндровую мощность.

В связи с новыми показателями отношения хода поршня к диаметру цилиндра (S/D) двигателей новых типоразмеров, значительно увеличилась длина смазываемой части цилиндровой втулки, что требует особого внимания к вопросам эффективности работы лубрикаторных систем этих дизелей.

В двухтактных дизелях фирмы ZYLSER затраты на цилиндровое масло занимают одно из ведущих мест. Сокращение расхода цилиндрового масла даже на 0,1 г/квт·ч, представляет важную ежегодную экономию для судовладельцев.

Цилиндровое масло должно быть подано в цилиндр при определенном положении поршня и в определенное время, для получения оптимального эффекта, который не всегда обеспечивается обычными лубрикаторами. В связи с этим ведущие дизелестроительные фирмы разработали и приступили к применению на судовых двигателях новых - электронных систем смазывания. Так фирма ZYLSER в последнее время, устанавливает на всех двигателях RTA систему «PULS», основные элементы которой показаны на рис.1.

В основу новой системы положен принцип впрыскивания определенного объема масла в цилиндр, путем управления движением плунжера (отмеряющего поршня смазочного модуля). По утверждению разработчиков системы, точный выбор времени впрыскивания, обеспечивает поступление всего нагнетаемого плунжером цилиндрового масла непосредственно на поршневые кольца.

Осциллографирование процессов протекающих в системе опровергает это утверждение, поскольку движение плунжера и связанное с этим открытие клапана штуцера не означает поступление масла к кольцам, так как за клапаном имеется участок канала, который масло еще должно пройти, прежде чем оно окажется в зоне смазывания пары трения.

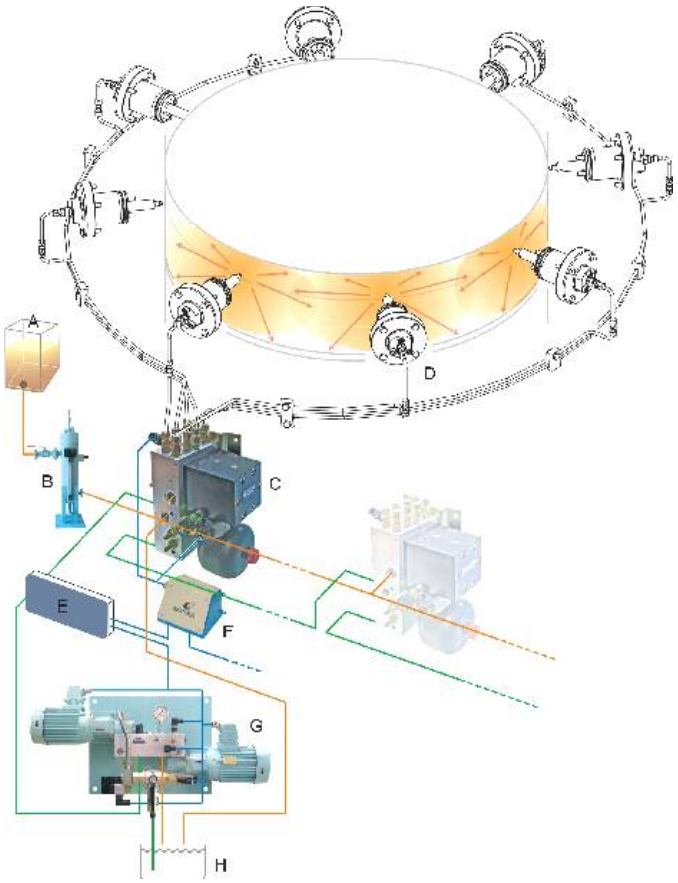


Рис. 1 Система смазывания цилиндров «PULS»
A - расходная цистерна; B - фильтр; C - смазочный модуль «Пульс»; D - штуцер; E - основной блок управления; F - електронный блок; G - главный сервомодуль; H - отстойник.

В отличие от механического привода лубрикатора, гидравлический привод (посредством гидравлической станции, рис.2) рассматриваемой системы обеспечивает плавное и непрерывное перемещение плунжера 4 смазочного модуля «Пульс» (рис.3), в течение некоторого короткого времени, на завершающем цикле маслоподачи, плунжер совершает ход всасывания.

Анализ конструкции системы «PULS» показывает, что фактически новым является: управляемый компьютером гидравлический привод плунжеров (вместо механического) и обеспечение связи с нагрузкой двигателя. Применение компьютера в электрической схеме лубрикатора создает предпосылки для регулирования порций масла в зависимости от процентного содержания серы в топливе, и щёлочного числа цилиндрового масла.

В рассматриваемых двигателях, маслоподводящие каналы выполняются в верхней части цилиндровой втулки, чаще всего в два ряда, где давление импульсов газа в область маслоподводящих каналов равно 1,5 - 3 МПа.

В действительности, на новых двигателях имеют место завышенные дозировки цилиндрового масла, судовладельцы зачастую дают противоречивые рекомендации по нормам расхода смазки.

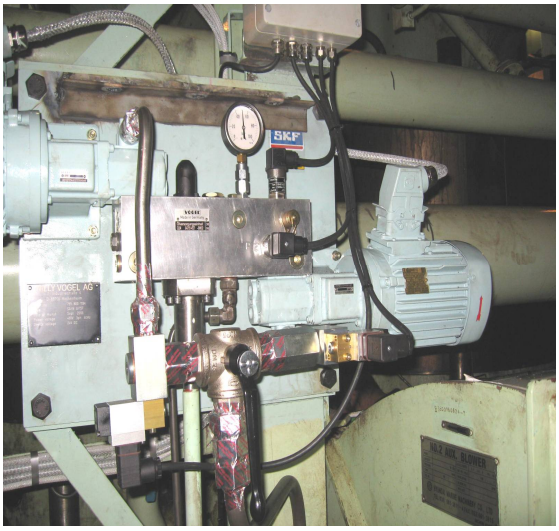


Рис.2 Гидравлическая станция системы «Пульс»

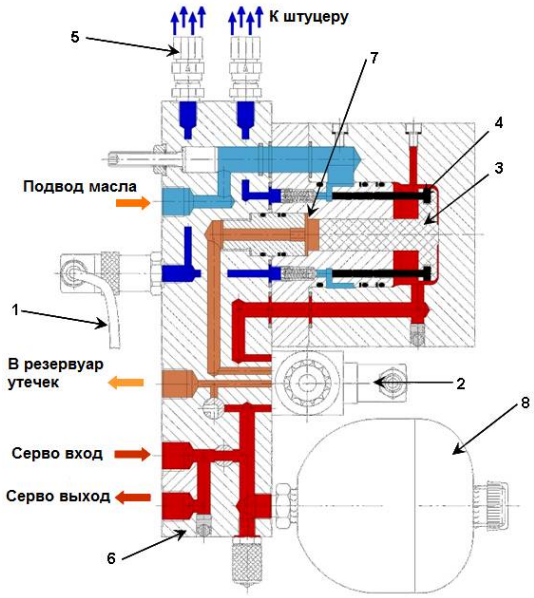


Рис. 3 Схема смазочного модуля «Пульс»
1 - Електронный контролер; 2 - Соленоидный клапан; 3 - Центральный поршень; 4 - Отмеряющий поршень; 5 - Запорный клапан; 6 - Опорная плита; 7 - Регулировочный винт; 8 – Аккумулятор.

Вскрытия цилиндров показывают имеющиеся натиры на поверхности зеркала втулки, рис.4, напротив маслоподводящих отверстий, что указывают на "выбросное" поступление масла и как следствие этого, появление дорожек нагара на головке поршня, рис.5, приводящих к заполнению зазора между поршнем и втулкой и возникновению абразивного износа.

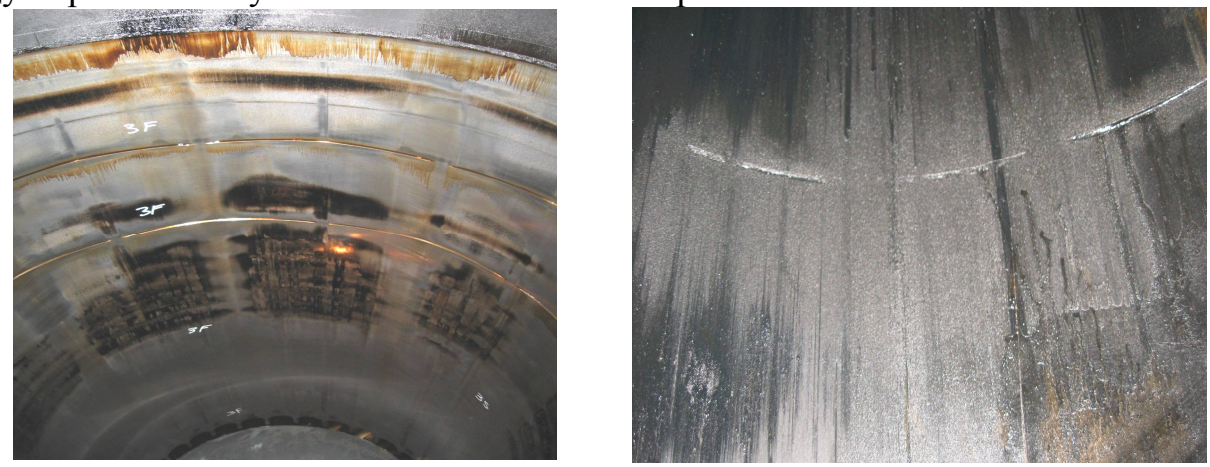


Рис. 4 Натиры на зеркале ЦВ (а) и закоксовывание канавок (б)

Постоянный процесс, контролирующий состояние цилиндра через сигналы обратной связи отработанной цилиндровой смазки, и содержания серы в топливе, в электронной системе смазки гарантирует сбережения цилиндрового масла наряду с управляемыми нормами износа, контролируемыми задирами и более длинными интервалами между моточистками.

Автоматическая дозировки цилиндрового масла и эффективность цилиндровой смазки становятся действительно постоянно контролируемым пара-

метром, зависящим от состава отработанного цилиндрового масла от каждого цилиндра. После обработки поступивших сигналов компьютером, передаются команды к каждому лубрикатору системы.

Рис.5. Состояние головки поршня: до установки на двигатель (а) и после вскрытия (б)

Тем не менее, анализ состояния деталей ЦПГ при вскрытии цилиндров указывает на недостаточную эффективность существующих электронных систем смазывания, что потребовало проведения наблюдений за их работой в эксплуатационных условиях на различных режимах работы ДВС.

Как показали результаты вскрытий цилиндров, полностью исключить встречу масла с головкой и днищем поршня (рис.5”б”) фирме не удалось. Как и на двигателях оборудованных лубрикаторной системой имеются дорожки нагара на боковой поверхности поршня напротив точек подвода смазки. Это указывает на поступление масла концентрированными порциями, которые касаются о боковую поверхность головки поршня над первым компрессионным кольцом и ухудшают распределение его по окружности цилиндра.

Последнее обстоятельство подтверждается также следами натиров (рис.4), расположенных вдоль образующих втулки, проходящих через маслоподводящие отверстия, значительным закоксовыванием продувочных окон, существованием зон интенсивных износов и загрязненностью подпоршневого пространства.

Следовательно, применение новой системы маслоподачи не исчерпало все возможности улучшения распределения и эффективности использования масла в цилиндре, что указывает на необходимость более детального изучения процесса маслоподачи, с целью повышения эффективности функционирования системы.

Исследованиями системы с установленными на штуцерах аккумуляторами, на установившемся режиме ее работы выявлено, что при подаче масла в цилиндр этой конструкцией “выброс” не наблюдается.

Канал во втулке практически весь заполнен маслом, истечение которого осуществляется на большей части оборотов. При этом, перерывы в подаче не превышают 2-4 оборота. Истечение масла из отверстия на зеркало происходит минуя маслораспределительные канавки.

Осциллографирование показывает, что истечение масла происходит на первых 5-7 оборотах регулярно, уменьшающимися от оборота к обороту порциями, вытекающими из канала в периоды, совпадающие с открытием обратного клапана штуцера. Поступление масла в цилиндр происходит в промежутках с 315 по 25 град.п.к.в. и с 60 по 305 град.п.к.в. При этом, в первой из указанных фаз осуществляется подача 20-35% масла, а во второй 65-80% соответственно.

При снижении мощности масло за пределы канала поступаетв в виде кортких струй на расстояние более десяти миллиметров, что и приводит к встрече его с головко поршня. Это обстоятельство обусловленно уменьшением давления со стороны цилиндра и как следствие разгрузкой аккумулятора от избытка масла в нем.

С увеличением мощности двигателя аккумулятор пополняется до предыдущего уровня, из-за чего возникают перерывы в подаче масла в цилиндр.

Это один из существенных недостатков исследуемой системы, который сводит на нет усилия потраченные на создание новой электронной системы смазывания.

Исследования системы маслоподачи, в которой аккумулятор давления масла не устанавливается показали, что подача масла этой конструкцией сопровождается значительным его “выбросом”, величина которого достигает 60% от всей подачи.

За период между рабочими ходами плунжера лубрикатора, своеобразная предкамера между торцом штуцера и зеркалом цилиндра опустошается настолько (в результате “выброса”), что для ее заполнения до уровня обеспечивающего истечение, требуется не один, а несколько нагнетательных ходов плунжера лубрикатора.

“Выброс” как правило, происходит в течение 2-3 оборотов коленчатого вала, между рабочими ходами плунжера лубрикатора. Скорость истечения масла в цилиндр достигает 3 м/с.

Следовательно, использование наклонного канала в сочетании с традиционно применявшейся лубрикаторной системой смазывания цилиндров двигателей “Зульцер” не улучшает процесс маслоподачи, а наоборот значительно ухудшает его.

Поступление масла в цилиндр (как показывает осциллографирование), осуществляется в основном в диапазоне с 70 до 250 град.п.к.в.. При этом 25-30% масла поступает в цилиндр, когда поршень находится выше маслопод-

водящих отверстий и до 70% - при положении поршня ниже отверстий подвода смазки.

Локализация натиров на нижней части цилиндровой втулки над ее окнами являются признаком, указывающим на недостаток масла в этой части втулки при таком количественном его перераспределении.

Результаты испытаний электронной системы смазывания показывают, что она имеет ряд недостатков, характерных для обычных лубрикаторных систем, которые снижают эффективность ее работы и требуют дальнейших исследований работы системы с целью улучшения основных характеристик процесса маслоподачи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Богач В.М., Задорожный А.А., Богач А.В. Исследование маслоподачи в цилиндры двигателей B&W // Судовые енергетические установки: науч.-техн.сб. – 2004.- № 10.- Одесса: ОНМА.- С.14-23.

УДК 621.431.71

Слободянюк И. М., Молодцов Н. С.
Одесская национальная морская академия

Обеспечение надежности сопряжений цилиндропоршневой группы судовых дизелей типа MAN B&W 7S50MC при ремонте путем модифицирования их рабочих поверхностей различными методами

Ресурс судовых дизелей, с восстановленными изношенными деталями, определяется выбором технологии ремонта, определяющей совокупность эксплуатационных свойств и способ упрочнения деталей. В первую очередь это относится к деталям цилиндропоршневой группы (ЦПГ), в том числе головок поршней (ГП). Изнашивание канавок под поршневые кольца является главной причиной их отказов.

За последние годы судоремонтными заводами, протктно-конструкторскими организациями Украины и станами ЕС освоено большое количество технологий ремонта головок поршней (ГП) МАН, Б и W, «Зульцер», « Вяртсиля» и др., что доказывает актуальность проблемы.

При разработке способов ремонта, с целью продления жизненного цикла дизелей, необходимо ориентироваться на будущие условия эксплуатации. Ремонт головок поршней дизелей необходимо вести с учетом изменением степени форсирования дизеля, так как изменение условий эксплуатации приводит к изменению физической природы изнашивания деталей ЦПГ и в первую очередь поршней.

Анализ характера износа деталей ЦПГ, в зависимости от возраста и уровня форсирования двигателей показал, что в малофорсированных двигателях износ сопряжения «втулка-кольцо-канавка» в основном определялся

серно-кислотной коррозией. Сегодня, в связи с форсированием двигателей наддувом, температура цилиндров неуклонно растет, что способствует увеличению температуры точки росы паров H2 SO4, уменьшается доля коррозионного изнашивания, однако затрудняется удержание масляной пленки. Это инициирует возникновение, на отдельных участках цилиндров зон сухого трения и связанного с этим ростом адгезионного изнашивания, сопровождаемого микро задирами рабочих поверхностей втулок цилиндров и ускоренным изнашиванием канавок ГП. В новых двигателях, начиная с 2000 года, адгезионное изнашивание сопряжения «втулка-кольцо-канавка» среди других видов изнашивания деталей ЦПГ, становится превалирующим, что не учитывается при выборе технологии ремонта.

Анализ изнашивания канавок ГП показал, что главными свойствами восстановленного рабочего слоя канавки ГП должны быть: максимально высокая твердость HRC 55-57 и коррозионная стойкость, однако технологически задача является сложной.

Анализ твердости торцов канавок ГП получаемых при применении используемых упрочняющих технологий электродуговой наплавкой коррозионно-стойкими материалами показывает, что она составляет величину HRC 36–42, что является недостаточным и является главной причиной ускоренного изнашиванияканавок ГП.

Потому необходима разработка новой концепции регенерации деталей узлов СЭУ, быстро разрушающихся под действием механического и коррозионного износа.

В работе рассматриваются разработанные авторами технологии ремонта форсированных дизелей типа MAN B&W 7S50MC:

- методом наплавки с помощью кристаллизационных колец, обеспечивающим высокую коррозионную стойкость и твердость в поверхностном слое HRC 55-60;
- комбинированным методом цементации и упрочнения поверхности за счет трения вращающимся диском, обеспечивающей твердость до HRC 65;
- электронно-лучевой сваркой упрочненных заранее противоизносных колец с перемычкой по всей плоскости сопряжения;
- плазменной наплавкой порошков на основе никелевых самофлюсующихся порошковых сплавов системы Ni-Cr-B-Si в смеси с порошками карбида вольфрама. Используются порошки серии «Т-Термо», предназначенные для создания защитных покрытий, обладающих высоким сопротивлением абразивному изнашиванию, стойкостью против коррозии и окисления в сочетании с отличными антифрикционными свойствами при нормальных и повышенных (до 700-800°С) температурах. Твердость покрытия до HRC 65 в зависимости от состава.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы кафедры «Технология материалов и судоремонта» – «Разработка научно-технических основ обес-

печения надежности сопряжений деталей СТС путем совершенствования инженерии рабочих поверхностей способами ремонта и смазки», которая является продолжением ранее выполненной темы в 2008-2012 гг. (ГР № 0109U001537).

УДК 621.431.71

Магдюк А.В., Троянов А.А. Рук. Мельник А.А.
Одесская национальная морская академия

Анализ условий работы и отказов распределительного вала судовых дизелей и разработка элементов технологии их восстановления

Рассмотрим сборку механизма распределения четырехтактного двигателя типа NVD-48. Как видно из схемы (рис. 1), привод механизма газораспределения состоит из трех шестерен, установленных на коленчатом, распределительном и промежуточном валах. Передаточное число для четырехтактного двигателя составляет 1:2.

Регулирование основной пары шестерен заключается в том, что кривошип первого цилиндра устанавливают в ВМТ по отметке на маховике, а распределительный вал разворачивают до совпадения метки, выбитой на вершине одного из зубьев шестерни, с отметкой на фланце блока под крышкой реверсивной рукоятки. При таком состоянии основной пары промежуточную шестерню устанавливают в любом положении.

При работе двигателя температура тарелок впускных клапанов может достигать 400 - 500 °С, а выпускных - 600 - 900 °С. Это приводит к значительному удлинению штока клапана, в связи с чем в клапанном приводе предусматривают тепловой зазор. Место измерения теплового зазора зависит от схемы клапанного привода. Тепловой зазор у впускных клапанов обычно меньше, чем у выпускных. При регулировании зазора в двигателях NVD-48 выполняют следующие операции: устанавливают поршень в ВМТ при закрытых клапанах (в конце сжатия); в зазор между рычагом и торцом штока клапана вводят набор пластинок щупа; если зазор отличается от указанного в инструкции, его изменяют вращением регулирующего болта, после чего болт надежно стопорят гайкой.

Для дизеля типа NVD-48 тепловые зазоры обоих клапанов одинаковы и составляют 0,5 -0,6 мм. Равенство зазоров объясняется различием в материале клапанов; выпускной клапан изготовлен из жароупорной стали, а впускной — из обычной низколегированной. Клапаны одинаковы по конструкции и размерам. Их различают по маркировке: выпускной маркируют буквой А, а впускной - буквой Е.

Следует убедиться в том, что открытие и закрытие клапанов всех цилиндров происходит в моменты, предписываемые круговой диаграммой, хотя посадка кулачных шайб на валу на шпонках исключает их регулировку.

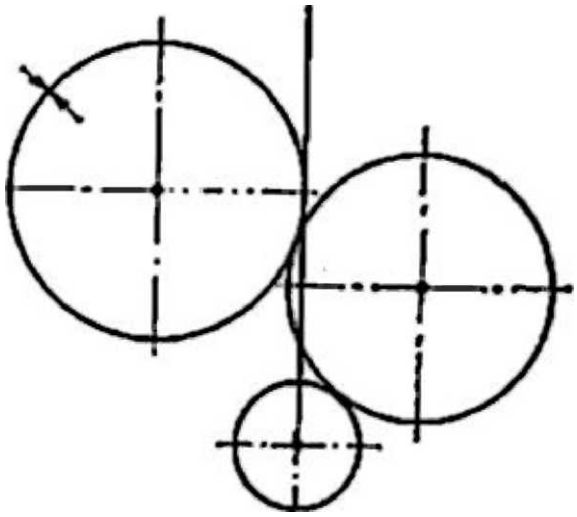


Рис. 1. Привод распределительного вала с помощью шестерен.

Начало и конец движения клапана легко определяют по закусыванию и освобождению пластинки щупа толщиной 0,03 - 0,05 мм. Действительные моменты открытия и закрытия клапанов должны отличаться от рекомендуемых круговой диаграммой не более чем на ±3° ПКВ.

Проверка нормального действия золотников воздушного пуска на двигателях типа NVD-48 состоит в том, что убеждаются в совпадении меток на корпусе золотника и его хвостовике при нахождении толкателя на цилиндрической части шайбы. При несовпадении меток золотник поднимают или опускают, предварительно отпустив стопорную гайку и вращая шток. При совмещении меток стопорную гайку надежно обжимают.

В качестве материала для изготовления распределительного вала используем сталь 20Х – конструкционная, легированная.

Назначение – втулки, валы, шестерни, обоймы, гильзы, диски, рычаги и др. детали, к которым применяются требования высокой поверхностной твёрдости при не высокой прочности сердцевины детали.

Таблица 1. Температура критических точек.

Ac1	Ac2 (Асм)	Ar3 (Arсм)	Ar1	Мн
750	825	755	665	390

Химический состав % (ГОСТ 4543-71)

C	Si	Mn	Cr	P	S	Cu	Ni
0.17-0.2	0.17-0.37	0.5-0.8	0.7-1.0		0.035		0.3

Марка материала	Плотность МПа	Предел прочности, МПа	Свариваемость газовой сварки	Применяемый припой
сталь 20Х	7850	800	Удовлетворительная	Оловянный, серебряный, медный

Термообработка- закалка с высоким отпуском. Детали нагревают до 880—900° С Нагревают детали вначале медленно (примерно до 500° С), а затем быстро. Это необходимо для того, чтобы в детали не возникли внутренние напряжения, что может привести к появлению трещин и деформации материала.

Распредвал слегка разогревают, посыпают железосинеродистым калием (желтая кровяная соль) и вновь помещают в огонь. Как только обсыпка расплавится, деталь опускают в охлаждающую среду. Железосинеродистый калий расплавляется при температуре около 850° С, что соответствует температуре закалки этой марки стали.

Отпуск закаленных деталей уменьшает их хрупкость, повышает вязкость и снимает внутренние напряжения. Распредвалы подвергают высокому отпуску, т.к у них необходимо полностью снять все внутренние напряжения. В этом случае температура нагрева 500—600° С.

1.Дефекты общего характера *вала распределительного:*

1.1. Трещины

Трещины на различных поверхностях деталей

1.2. Дефекты рабочих поверхностей

Превышение предельно-допустимых отклонений формы и расположения поверхностей (овальность, конусообразность биение и т.п.)

Задиры, риски, наработки, цвета побежалости и т.п. на поверхностях трения

Смятие наклеп и т.п. на контактируемых плоских (конических или сферических) поверхностях

Срыв и смятие рабочих ниток резьбы

Смятие отверстий под штифты (призонные болты)

Коррозийные разрушения поверхностей

Смятие граней (под ключ)

Смятие шлицев

Смятие шпоночного паза

1.3. Нарушение посадок

Нарушение неподвижных посадок

Нарушение подвижных посадок (сверхнормативное увеличение зазоров)

Превышение предельно- допустимых значений основных допускных размеров

Нарушение посадок, контролируемых на краску

2.Специфические дефекты некоторых деталей

Шайбы кулачные

Трещины, выкрашивание и т.п. у цементированных поверхностей

Сверхнормативное уменьшение поверхностей твердости

Местная выработка на кулачной шайбе (по профилю)

Нарушение геометрии профиля кулачной шайбы

Шестерни

Наклеп, выкрашивание, питтинг у рабочих поверхностей зубьев

Износ рабочих поверхностей зубьев (сверхнормативное уменьшение толщины зубьев

Полумуфты зубчатые, гильзы кулачных шайб

Смятие, выкрашивание торцовых зубьев

Зазоры в клапанах газораспределительного механизма проверяют через определенное число часов работы двигателя. Для каждого типа двигателя они различны, указываются в инструкции по эксплуатации и замеряется для каждого цилиндра отдельно.

Вращая вал, устанавливают поршень в проверяемом цилиндре в в.м.т. в конце такта сжатия. При этом выпускной и впускной клапаны должны закрыться. Затем вставляют щуп 1 между штоком клапана и рычагом — при верхнем расположении клапанов (рис. 2, а) или между штоком клапана и толкателем 2 — при нижнем расположении клапанов (рис. 2, б). Если эти зазоры не соответствуют инструкции по эксплуатации двигателя, то .отворачивают контргайку 3 и вывертывают или ввертывают регулировочный винт 4, от чего зазор изменится. По окончании регулировки контргайку затягивают, чтобы во время работы двигателя величина зазоров не нарушилась.

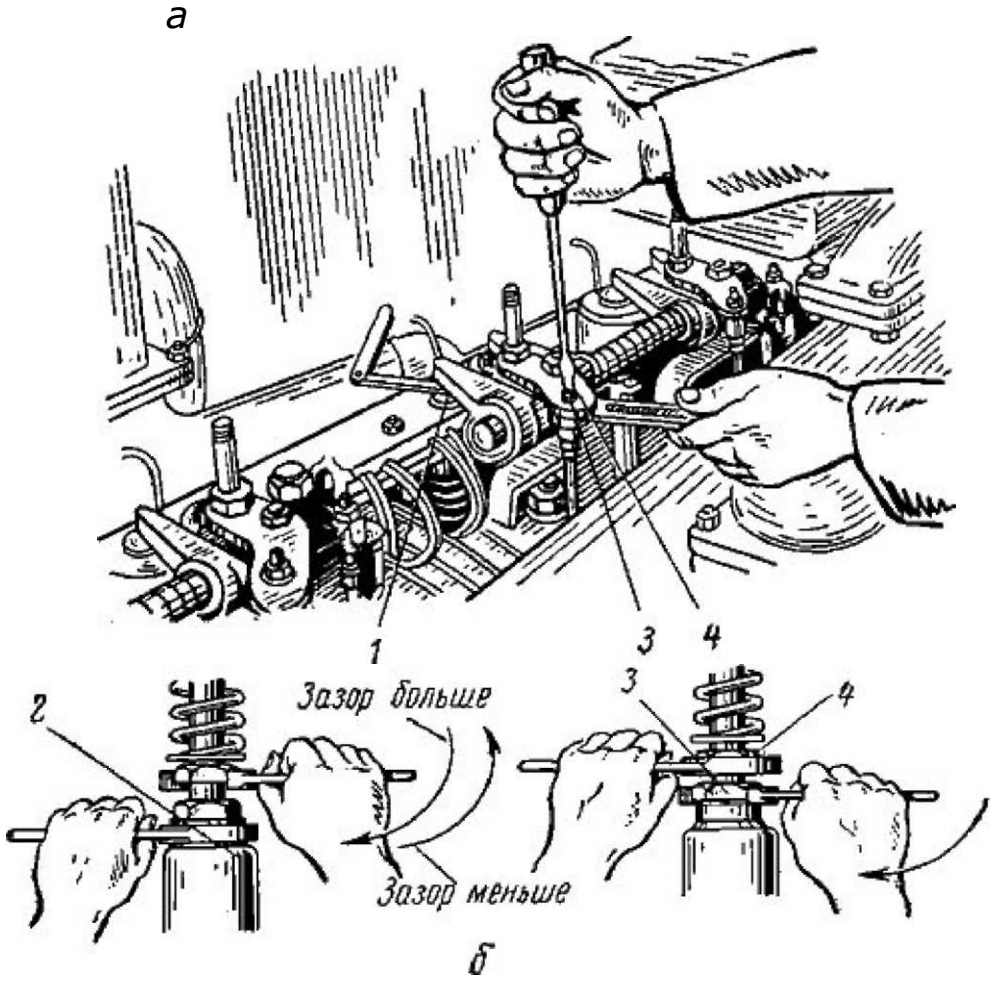


Рис.2. Регулировка зазора в клапанах газораспределительного механизма.

Установленные зазоры обеспечивают правильную работу клапанов при условии, что шестерни, передающие вращение от коленчатого вала к распределительному валу, соединены друг с другом по заводским меткам, а кулачные шайбы не имеют повреждений и правильно установлены на распределительном валу.

В четырехтактном двигателе газообмен осуществляется с помощью жесткой механической системы, состоящей из распределительного вала, приводимого во вращение шестеренной или цепной передачей, кулачных шайб, толкателей, штанг и рычагов. Механизм газораспределения согласует моменты открытия и закрытия клапанов в соответствии с оптимальной круговой диаграммой за счет правильного соединения распределительного и коленчатого валов.

Проверку зубчатой передачи от коленчатого вала к распределительному в эксплуатации не производят. Шестерни, изготовленные из прочных чугунов или сталей, подвергаются незначительному износу и исключают нарушение фаз газораспределения. Поломки их крайне редки.

Учитывая недостатки известных способов правки, фактически не позволяющих их использовать в ремонте распредвала, был разработан принципиально другой способ. Его назвали «поэлементной холодной правкой».

В процессе правки по этому методу тоже используется пресс. «Ноу-хау» заключается в специальном приспособлении, с помощью которого поверхностный слой распределительного вала пластически деформируется, да так, что в нем вместо обычных для подобных случаев напряжений растяжения создаются напряжения сжатия. Избавившись от недостатков ранее известных способов, поэлементная холодная правка, как оказалось, позволяет восстановить любые распредвалы любых двигателей, да еще имеющие практически любой прогиб! При этом точность правки просто поразительна.

А ремонт распредвала, вызванный только износом опорных шеек и кулачков, производится шлифованием изношенных поверхностей на ремонтные размеры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беньковский Д.Д., Сторожев В.П., Кондратенко В.С. Технология судоремонта. -М.: Транспорт, 1986. -286 с. (выдается библиотекой ОНМА).

2. Блинов И.С. Справочник технолога механосборочного цеха судоремонтного завода. - М.: Транспорт, 1979. – 704 с. (выдается библиотекой ОНМА).

3. Дизели судовые. Перечень характерных видов дефектов для основных узлов и деталей. –Балтийское ЦПКБ, 1972. - 315 с. (выдается кафедрой ТМС).

5. Молодцов Н.С. Материаловедение и технология материалов: Учебное пособие: В 2-х частях. Ч. 1: Материаловедение. - Одесса: ОНМА, 2005. - 140 с.

УДК 621.431.71

Черненко И.П. , Гарвалов Р.Я. Рук. Слободянюк И.М.
Одесская национальная морская академия

Анализ дефектов и разработка технологии восстановления работоспособности сопряжений поршня с шатуном тронкового дизеля

Поршень с шатуном тронкового дизеля предназначен для осуществления процесса подачи масла в рабочую полость цилиндра судового двигателя. Материал- Сталь 35ХМ с 0,35%С и по 1% хрома и молибдена.

В работе рассмотрен перечень основных дефектов поршня с шатуном тронкового дизеля и их рабочих поверхностей, а именно:

трещины, выходящие в полость охлаждения и на поверхностях деталей. Нарушение герметичности полости охлаждения.

Дефекты рабочих поверхностей – превышение предельно-допустимых отклонений формы и расположения поверхностей (овальность, конусообразность и т.п.); задиры, риски, цвета побежалости и т.п. на поверхностях трения; смятие наклеп и прочие дефекты на контактируемых плоских поверхностях; срыв и смятие рабочих ниток резьбы; коррозионные и кавитационные разрушения поверхностей.

Рассмотрено также нарушение подвижных посадок (сверхнормативное увеличение зазоров). Превышение предельно- допустимых значений основных допускных размеров.

Рассмотрены причины возникновения натиров, рисок, баббитовой заливки, трещины, выкрашивание баббита и т п.

Приводится перечень ремонтных работ для устранения дефектов: вид и элементы режима сварки материала, вид и элементы режима резания при механической обработке рабочих поверхностей деталей и пр.

Рассмотрены методы повышения срока службы деталей поршня с шатуном тронкового дизеля путем упрочнения их рабочих поверхностей.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы кафедры «Технология материалов и судоремонта» – «Разработка научно-технических основ обеспечения надежности сопряжений деталей СТС путем совершенствования инженерии рабочих поверхностей способами ремонта и смазки», которая является продолжением ранее выполненной темы в 2008-2012 гг. (ГР № 0109U001537).

УДК 621.431.71

Слободянюк Д. И. Колегаев М. А.
Одесская национальная морская академия

Оптимизация смазки цилиндров МОД на основе идентификации технического состояния поршневых колец при прохождении продувочных окон

Рассмотрено решение актуальной научной задачи повышения надежности судовых дизелей путем оптимизации системы смазки цилиндров, на основе совершенствования методов идентификации технического состояния поршневых колец. С этой целью, на основе экспериментальных данных, была разработана диагностическая модель технического состояния поршневого кольца и методика идентификации состояния поршневых колец при прохождении продувочных окон втулок, которая прошла испытание на двигателе MAH B&W 7S 46MC-C мощностью 9170 квт, производства 2006 года, на т/х «Seine Highwax», что подтверждено соответствующим Актом внедрения [1,2].

Разработан алгоритм оптимального управления смазкой цилиндров с учетом данных о техническом состоянии поршневых колец при прохождении продувочных окон втулок цилиндров, заключающийся в следующем:

Шаг 1. Акустический сигнал с частотой 0÷200 Гц означает, что техническое состояние колец исправно. В данном случае вмешательства оператора в процесс эксплуатации не требуется.

Шаг 2. Появление частоты 200….300 Гц свидетельствует об отсутствии пленки на отдельных перемычках, что требует выработки сигнала на увеличение подачи смазки. Очевидно, это связано с продувкой, при которой пленка смазки частично сдувается.

Шаг 3. Сигнал частоты 300÷500Гц соответствует тяжелому режиму граничного трения с адгезионным схватыванием поршневых колец и перемычек втулки цилиндра. В этом случае требуется выработка сигнала системы сигнализации о дополнительном увеличении подачи масла лубрикаторами.

Шаг 4. Если дополнительное увеличение подачи масла не дало результатов, то необходимо снижением нагрузки на цилиндр на 25 %.

Шаг 5. При появлении частоты сигнала 500÷1000 Гц происходит необратимая деструкция поршневых колец и перемычек втулки цилиндра. При этом вырабатывается сигнал на аварийную остановку двигателя. Продолжение эксплуатации двигателя может привести к характерной в таком случае поломке поршневых колец.

На основе выполненых исследований разработана новая схема управления смазкой цилиндров, путем введения нового элемента для идентификации технического состояния поршневых колец, представленная на рис.1

Таким образом, полученные результаты, позволяют повысить надежность судовых МОД путем совершенствования системы смазки предот-

вращающей внезапные отказы ЦПГ, возникающие из-за поломки поршневых колец.

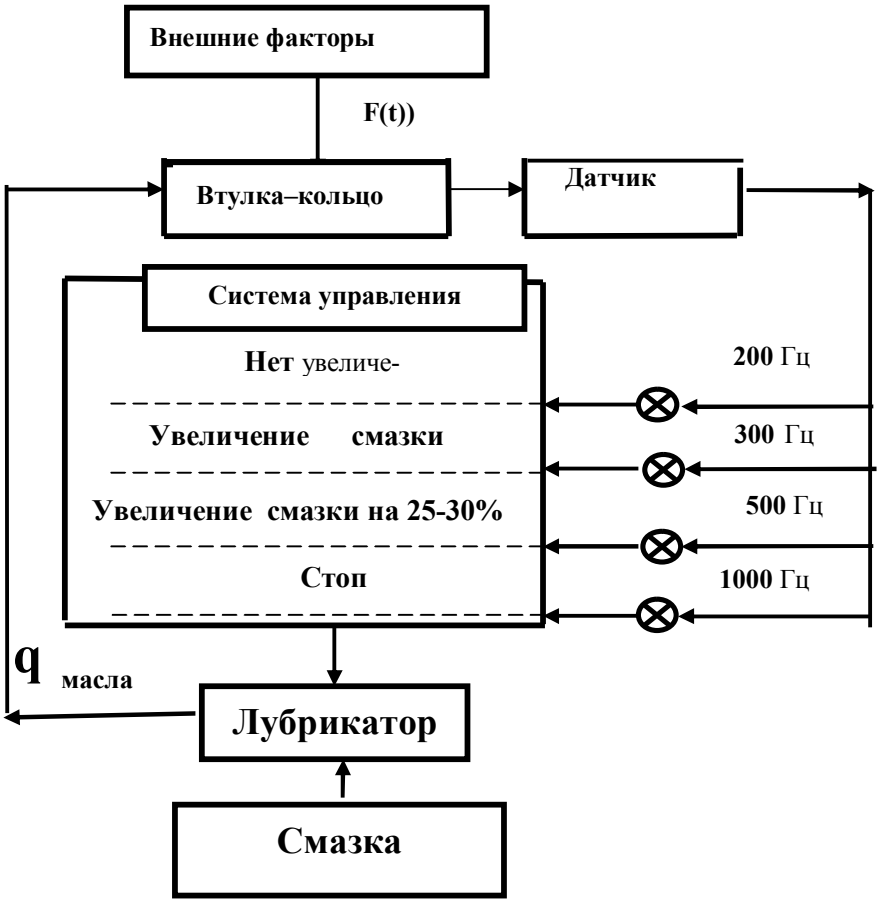


Рис. 1. Схема управления смазкой цилиндров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Слободянюк Д.И. Диагностическая модель работоспособности поршневого кольца судового двигателя при реализации анизотропных свойств смазывающих материалов. //Судовые энергетические установки: научн. техн. сб. –2014– №32. –Одесса: ОНМА.С. 83-92.
2. Слободянюк Д.И Совершенствование методики идентификации состояния поршневых колец МОД при прохождении продувочных окон втулок. // Науково–виробничий журнал Проблеми техніки –№3.–Одеса: 2012. –С: 124-135.

УДК 621.431.69

Дудник А.Е., Зуенко О.В. Рук. Журавлёв Ю.И.
Одесская национальная морская академия

Анализ условий работы и основных дефектов вкладыша рамового подшипника судовых дизелей

Надежность работы судовых дизелей современных морских судов в большей мере определяется долговечностью и безотказностью численных подшипников скольжения. Наиболее важная деталь в них – это вкладыши, которые представляют собой металлическую прокладку с нанесённым на поверхность скольжения тонким шаром (до 3 мм) специального материала.

Во время работы рамовые подшипники двигателя воспринимают ударные нагрузки в момент вспышки топливной смеси, при этом давление на рабочую поверхность скачет 1,5 МПа. Скорость скольжения шейки коленчатого вала относительно поверхности вкладыша на полном ходу судна – до 30 м/с, рабочая температура – 50…60ºС. Твёрдость шейки коленчатого вала – около НВ 2050 МПа. Главным эксплуатационным повреждением подшипникового узла является износ специального пласта вкладышей твердыми частичками, которые находятся в мазуте, выкрашивание небольших участков поверхности.

Материал- стали ШХ15 используют для изготовления подшипников качения и деталей топливной аппаратуры судов. Термообработка - закалка и низкий отпуск, получаемая твердость - не ниже HRC 58-62.

Это легированная конструкционная сталь отличается более высокими механическими свойствами, особенно после их термической обработки. У этой стали – углерода 1,5%, хрома – около 1%.

Вкладыш рамового подшипника подвергается после закалки низкому отпуску. Нагрев до 180-2000С не вызывает заметного распада мартенсита и способствует только снятию внутренних напряжений. Это так называемый низкий отпуск. Микроструктура стали после низкого отпуска - мартенсит отпуска или мартенсит + троостит. Закалка применяется для повышения прочности и твердости стали. Одновременно увеличивается хрупкость стали и понижается ее пластичность.

Основными методами для повышения срока службы деталей вкладыша рамового подшипника и его рабочих поверхностей наплавка, электрохимические и газотермические покрытия и др. *Наплавка* является самым распространенным способом восстановления деталей на судоремонтных предприятиях. Ее широкое применение объясняется высокими технико-экономическими показателями и возможностью восстанавливать детали самых разнообразных форм и размеров. Наплавкой можно нарастить слой практически любой толщины, различного химического состава и физико-механических свойств. Из разновидностей способов наплавки наиболее ши-

рокое применение на судне нашли электродуговая под слоем флюса и в среде защитных газов, а также газовая.

Основные дефекты вкладыша рамового подшипника сведены в таблицу

Таблица - основные дефекты вкладыша рамового подшипника

№	Название дефекта	Описание дефекта
1	Трещины поверхности	На рабочей поверхности зеркала имеются трещины
2	Износ цилиндров	Незначительный износ рабочей поверхности цилиндров (до 0,1 мм),
3	Задиры, царапины, вмятины, овальность и конусность	Небольшие задиры, царапины, вмятины, овальность и конусность до 0,05 мм
4	Износ диаметра	Износ рабочей поверхности по внутреннему диаметру цилиндров до 2 мм
5	Износ зеркала	Износ зеркала цилиндров более 2 мм, а также при появлении на нем раковин
6	Срыв резьбы	Резьбовые отверстия, имеющие срыв резьбы более двух ниток

Наплавка в среде защитных газов, в основном углекислого газа (CO_2), применяется для восстановления различных деталей и обладает рядом преимуществ. Основными из них являются: простота, возможность наплавлять слой металла небольшой толщины, хорошая видимость зоны горения дуги и др. В качестве материала широко используются электродная проволока и лента. Для получения износостойких поверхностей применяют также порошковую проволоку. Основным недостатком наплавки в CO_2 является значительное (до 15%) разбрызгивание металла.

Газовую наплавку проводят путем расплавления пруткового или порошкового наплавочного материала в газокислородном пламени горелки. В настоящее время при восстановлении и упрочнении деталей широкое применение находит газовая наплавка твердыми порошкообразными самофлюсующимися материалами. Преимуществом этого способа восстановления является возможность получения гладких равномерных по толщине слоев наплавленного металла с минимальным припуском на обработку.

К первой группе методов упрочнения относятся: накатка (обкатка) роликами, ультразвуковая обработка, объемная и поверхностная закалка, высоко- и низкотемпературная термомеханическая обработка, электромеханическое упрочнение, упрочнение трением и др. Каждый из них наиболее эффективен при определенных условиях эксплуатации деталей.

Сущность упрочнения трением, заключается в том, что обработка поверхности детали производится быстровращающимся металлическим диском [4]. В результате такой обработки, сопровождающейся интенсивным трением и большим давлением, в зоне контакта происходит значительная пластическая деформация поверхностного слоя детали, его нагрев до высокой температуры и последующее быстрое охлаждение, приводящее к закал-

ке. По существу происходит термомеханическая обработка с той лишь разницей, что степень пластической деформации значительно выше и как следствие, поверхностный слой имеет более мелкозернистую структуру. Этим в определенной степени объясняется более высокая эффективность упрочнения трением, поскольку чем меньше зерно, тем труднее развивается хрупкая трещина, так как границы зерен затрудняют переход ее из одного зерна в другое вследствие изменения направления движения. К тому же зародышевые трещины в мелком зерне меньше.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беньковский Д.Д., Сторожев В.П., Кондратенко В.С. Технология судоремонта. -М.: Транспорт, 1986. -286 с. (выдается библиотекой ОНМА).

2. Блинов И.С. Справочник технолога механосборочного цеха судоремонтного завода. - М.: Транспорт, 1979. – 704 с. (выдается библиотекой ОНМА).

3. Молодцов Н.С. Материаловедение и технология материалов: Учебное пособие: В 2-х частях. Ч. 1: Материаловедение. - Одесса: ОНМА, 2005. - 140 с. (выдается библиотекой ОНМА, имеется в продаже в киоске ОНМА, выдается кафедрой в электронной форме).

4. Молодцов Н.С. Материаловедение и технология материалов: Учебное пособие: В 2-х частях. Ч. 2: Технология материалов. - Одесса: ОНМА, 2007. - 144 с..

УДК 621.431.69

Захариков О.В. , Белинский Р.Ю. Рук. Журавлёв Ю.И., Молодцов Н.С.
Одесская национальная морская академия

Анализ условий работы и основных дефектов сопряжений коленчатого вала и подшипников скольжения судовых дизелей и разработка элементов технологии их восстановления

Коленчатый вал — деталь (или узел деталей в случае составного вала) сложной формы, имеющая шейки для крепления шатунов, от которых воспринимает усилия и преобразует их в крутящий момент. Основные элементы коленчатого вала:

Коренная шейка — опора вала, лежащая в коренном подшипнике, размещённом в картере двигателя.

Шатунная шейка — опора, при помощи которой вал связывается с шатунами (для смазки шатунных подшипников имеются масляные каналы).

Щёки — связывают коренные и шатунные шейки.

Передняя выходная часть вала (носок) — часть вала на которой крепится зубчатое колесо или шкив отбора мощности для привода газораспредели-

тельного механизма (ГРМ) и различных вспомогательных узлов, систем и агрегатов.

Задняя выходная часть вала (хвостовик) — часть вала соединяющаяся с маховиком или массивной шестернёй отбора основной части мощности.

Противовесы — обеспечивают разгрузку коренных подшипников от центробежных сил инерции первого порядка неуравновешенных масс кривошипа и нижней части шатуна.

Двигатели изготовляемые штучно, имеют коленчатые валы, выточенные на станке из стальной болванки, так как, несмотря на высокую стоимость такого способа производства, это обходится существенно дешевле, чем организация отливки или ковки под малую серию производства.

Коленчатые валы работают в условиях высоких нагрузок, а шейки вала подвергаются интенсивному износу. Термическая обработка коленчатых валов преследует две цели: повысить их прочность и износостойкость. Изготовляют коленчатые валы из стали и из высокопрочного чугуна. Коленчатые валы компрессоров изготовляют из сталей 45, 50Г, 30ХГ2, 47ГТ, 40ХН и др. (горячей штамповкой). Благодаря штамповке получается хорошая макроструктура — волокна металла не перерезаются, а соответствуют конфигурации вала

Основными неисправностями коленчатых валов являются: излом вала по шейкам или щекам (рис. 1), трещины в шейках вала, чаще по галтели, задир шеек вала, повышенная овальность коренных или шатунных шеек, повреждения элементов соединения вала с антивибратором, приводом насосов и распределительных валов, изгиб вала.

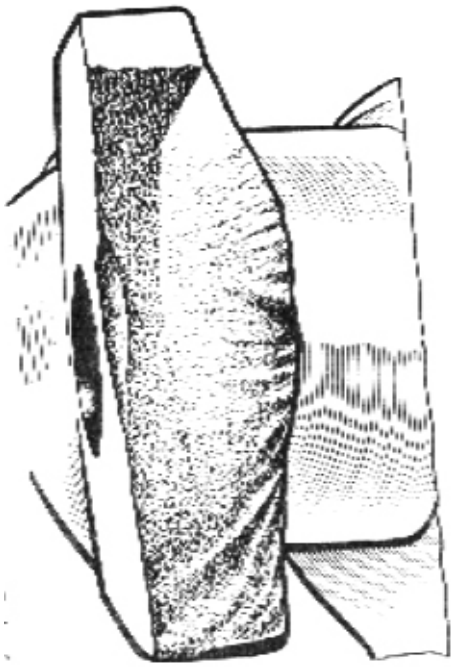


Рис. 1 Излом коленчатого вала по щеке

Причинами излома коленчатых валов являются: высокий уровень знакопеременных напряжений от изгиба или крутильных колебаний вала, литейные дефекты и дефекты обработки вала (рыхлоты, пористости, плены, подрезы). Повышение уровня напряжений на изгиб в шейках и щеках вала происходит в результате образования ступенчатости смежных опор, увеличенного изгиба вала, нарушения уравновешенности вала (неправильный подбор поршней и шатунов по массе).

Задир шеек вала происходит вследствие: перекрытия отверстий для подачи смазки при провороте ослабших вкладышей подшипников коленчатого вала или выхода из строя масляного насоса и неисправности реле давления масла, которое служит для остановки дизеля с целью предотвращения задира шеек вала; попадания абразивных частиц между вкладышем и шейкой вала; запуска дизеля без предварительной прокачки масла; разжижения дизельного масла несгоревшим топливом, которое при чрезмерной подаче или подтекании форсунок стекает по стежкам цилиндровых втулок в картер дизеля; г попадания охлаждающей воды в дизельное масло при нарушении герметичности уплотнения втулок цилиндров в блоке дизеля, рубашек на втулках, адаптеров, водяных переходников и выпускных коллекторов.

Коленчатый вал является высоконагруженной деталью двигателя. В процессе эксплуатации двигатель машины подвержен различным нагрузкам, в том числе и неблагоприятным, это пуск двигателя в холодных условиях, не качественное смазочное масло, работа в запыленных условиях и т. д. Основными дефектами коленчатых валов являются: износ и задиры шатунных и коренных шеек; грязевые отложения в полостях шатунных шеек; трещины на шейках вала; прогиб вала; износ шеек под распределительную шестерню и шкив привода вентилятора; износ стенок шпоночных канавок, поверхностей отверстий под шарикоподшипник муфты сцепления и поверхности отверстий (гладких и с резьбой) во фланце под болты крепления маховика и др. Поверхности шатунных и коренных шеек изнашиваются неравномерно, на них появляются конусность и овальность. Наибольший износ шеек наблюдается на участках поверхностей, обращенных в сторону оси коленчатого вала. Вал в патронах устанавливают и закрепляют так, чтобы кривошипы расположились в вертикальной плоскости, а шатунные шейки лежали на губках вертикальной призмы приспособления без просвета. Затем на станину станка, против шатунных шеек, ставят стойку с индикатором так, чтобы его удлиненная ножка упиралась в шейку в горизонтальной плоскости. Поворачивая вал вместе с планшайбами, фиксируют показания индикатора при каждом вертикальном положении кривошипов. Коренные шейки вала шлифуют при установке его на неподвижных центрах станка. Вращение вала осуществляется от поводкового патрона передней бабки. Радиальное биение фланца под маховик и шейки под распределительную шестерню при вращении вала не должно превышать 0,05 мм. При большем биении необходимо проточить центровые фаски резцом на токарном станке, закрепляя вал в патроне станка и люнете. Черновое шлифование рекомендуется начинать со

средней коренной шейки. Затем полностью шлифуют остальные шейки и заканчивают шлифование чистовым средней коренной шейки. Коренные шейки, так же как и шатунные, шлифуют на один и тот же ремонтный размер при разнице в диаметрах не более 0,05 мм. При отклонении диаметра одной шатунной шейки от диаметра остальных шеек более чем на 0,2 мм при разнице в ремонтных размерах для данного вала в 0,25 мм допускается обработка этой шейки на следующий ремонтный размер. Овальность и конусность всех шеек допускается не более 0,015 мм. Твердость шеек должна быть не ниже 50 HRC. Шероховатость поверхности в пределах 0,16...0,32 мкм. Перед чистовым шлифованием необходимо разделать фаски у масляных отверстий. Для этого применяют высокооборотную пневматическую дрель со специально заправленным абразивным инструментом или электродрель со сверлом диаметром 14...16 мм, имеющим твердосплавные пластинки (частота вращения не более 500 об/мин). Полирование шеек коленчатого вала следует выполнять абразивными или алмазными лентами с помощью приспособления ОР-6688 к шлифовальному станку по режимам, приведенным ранее. Изношенные шейки для подшипников качения у валов пусковых двигателей, для распределительной шестерни и шкива привода вентилятора восстанавливают электромеханической обработкой, электроимпульсным наращиванием, плазменным напылением или железнением с последующей механической обработкой до нормального размера. Изношенные стенки шпоночных канавок восстанавливают обработкой на увеличенный размер. Изношенные отверстия во фланце коленчатого вала под болты крепления маховика рассверливают на увеличенный ремонтный размер по кондуктору или совместно с маховиком и нарезают в отверстиях резьбу ремонтного размера. Перед шлифованием на 3-й ремонтный размер всей шейки коленчатых валов всех марок двигателей должны проверяться на твердость. При недостаточной твердости их рекомендуется закалить ТВЧ. После использования всех ремонтных размеров изношенные коленчатые валы могут восстанавливаться до номинальных размеров наплавкой под слоем флюса, гальваническим наращиванием или электроконтактным напеканием металлических порошков. После ремонта или восстановления коленчатые валы должны подвергаться динамической балансировке на специальной машине БМ-У4.

Основными методами для повышения срока службы деталей вкладыша рамового подшипника и его рабочих поверхностей наплавка, электрохимические и газотермические покрытия и др. *Наплавка* является самым распространенным способом восстановления деталей на судоремонтных предприятиях. Ее широкое применение объясняется высокими технико-экономическими показателями и возможностью восстанавливать детали самых разнообразных форм и размеров. Наплавкой можно нарастить слой практически любой толщины, различного химического состава и физико-механических свойств. Из разновидностей способов наплавки наиболее широкое применение на СРЗ и судне нашли электродуговая под слоем флюса и в среде защитных газов, а также газовая.

Наплавка в среде защитных газов, в основном углекислого газа (CO_2), применяется для восстановления различных деталей и обладает рядом преимуществ. Основными из них являются: простота, возможность наплавлять слой металла небольшой толщины, хорошая видимость зоны горения дуги и др. В качестве материала широко используются электродная проволока и лента. Для получения износостойких поверхностей применяют также порошковую проволоку. Основным недостатком наплавки в CO_2 является значительное (до 15%) разбрызгивание металла.

Газовую наплавку проводят путем расплавления пруткового или порошкового наплавочного материала в газокислородном пламени горелки. В настоящее время при восстановлении и упрочнении деталей широкое применение находит газовая наплавка твердыми порошкообразными самофлюсующимися материалами. Преимуществом этого способа восстановления является возможность получения гладких равномерных по толщине слоев наплавленного металла с минимальным припуском на обработку.

К группе методов упрочнения относятся: накатка (обкатка) роликами, ультразвуковая обработка, объемная и поверхностная закалка, высоко- и низкотемпературная термомеханическая обработка, электромеханическое упрочнение, упрочнение трением и др. Каждый из них наиболее эффективен при определенных условиях эксплуатации деталей.

УДК 681.3.019.3

Krivoshchekov V.E.
Odessa national maritime academy

An introduction to the methodology of “reliability centred maintenance (rcm)”

Resume. The report presents the results of the initial analysis of the formation of the world's technology and the modern approach to the maintenance of all production equipment and vehicles on the basis of the theory and practice of their reliability. The methodology of "RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE (RCM)" is considered from the moment of its appearance on the basis of developments in the field of military and civil aviation United States since the mid of the last century [1], their promotion and dissemination in other areas of the world industry in the end of the last century [2] as well as taking into account its current state and existing author developments in the direction of improving the system of maintenance of merchant ships and marine energy facilities [3-12].

RCM - Reliability Centered Maintenance is, as the name would imply, the practice on focusing on the reliability of maintained equipment through various World Class Best Practice methods. These include but are not strictly limited to: Criticality and Risk Analysis techniques such as Failure Modes and Effects Criticality Analysis (FMECA), Strategic Maintenance Planning, Logical Preventive Maintenance, Predictive Maintenance Programs (condition

monitoring), Proper Lubrication Program, Repair/Rebuild Kitting, Critical Parts Inventory Development and Mechanical and Electrical Technical Training. RCM has its origins in the aviation industry where reliability is paramount to protecting human lives. With the success realized in the aviation industry the US Military and many private and public companies became interested in the benefits of avoiding downtime and maximizing plant operations and maintenance procedures. In his landmark book RCM II, John Moberly outlined a practical way to apply the main benefits of RCM to normal manufacturing operations. Since then it has evolved into the foremost method for World Class Operational Maintenance. Research was conducted on over 800 manufacturing operations of all kinds and the similarities of equipment failure were found to be amazing. Some of the most glaring statistics that came out of the research are: The 80/20 Rule - Across the board no matter what the operation or industry it remained a relative constant! Indeed 80% of operational downtime due to equipment is caused by only 20% of installed equipment. Another surprising fact that was discovered was that 90% of newly installed equipment, failed before its estimated lifetime due to human errors in maintenance, preventive maintenance and poor installation. Various Failure Modes were identified in equipments that also allow for strategic maintenance planning for each specific type of equipment. By using the various tools, technologies and methods available in RCM, companies have been able to reduce maintenance costs by 70% or more and more importantly, avoid expensive work stoppages and restarts that lead to lost profits, increased labor costs, increased scrapping rates and reduced quality. By far the effects of production stoppage add up to a very large loss in profits. See: http://krivoshchekov.at.ua

REFERENCES

1. F. Stanley Nowlan, Howard F. Heap. Reliability-Centered Maintenance: Final report MDA 903-75-C-0349 // United Airlines San Francisco International Airport San Francisco, Ca 94128, Office of Assistant Secretary of Defense (Manpower, Reserve Affairs and Logistics) DC 20301. - Washington, December 29, 1978.
2. John Moubray. Reliability-Centered Maintenance //Published by: Industrial Press, 2nd Edition, Publication Date: April 1997, ISBN: 0831130784.
3. Reliability Success Pty Ltd, 2011 - 2012, LinkedIn discussion 2015.
4. Krivoshchekov V. E. UP-TO-DATE METHODOLOGY OF THE RISK-BASED ASSESSMENT IN THE MARITIME SAFETY MANAGEMENT// Proceedings of the Joint Hungarian-Ukrainian-Bulgarian Conference “Safety-Reliability and Risk of Engineering Plants and Components”, May 22-25, 2008, Varna, Bulgaria.- P. 1-8. 5. Кривощеков В.Е. Эксплуатации техники – новый подход: японская система TPM // Материалы 12-го Международного научно-технического семинара Современные проблемы производства и ремонта в промышленности и на транспорте (20–24 февраля 2012 г., г. Свалява, Карпаты, Украина).- Киев: АТМУ, 2012. – С. 130-133. 6. Кривощеков В.Е. Менеджмент безопасности в мировом судоходстве: оценка и анализ надёжности человека – Human reliability analysis (HRA) / Современные методы и средства

неразрушающего контроля и технической диагностики: Материалы 20-ой юбилейной международной конференции, 01 – 05 октября 2012 г., г. Гурзуф, АР Крым – Киев: УИЦ «Наука. Техника. Технология», 2012.- С. 117 – 118. 7. Кривощеков В.Е. Слухи о «смерти надёжности» не сильно ли преувеличены…? / Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях: Материалы 12-той международной конференции, 13 – 17 февраля 2012 г., п. Плавья, Карпаты – Киев: УИЦ «Наука. Техника. Технология», 2012.- С. 225 – 228. 8. Кривощеков В.Е. Надежность техники: особый взгляд // Методы менеджмента качества.- № 7.- 2012,- С. 50-53. 9. Кривощеков В.Е. Два ответа на вопрос «Зачем нам нужна надёжность?» / Материалы 13-той международной промышленной конференции и блиц-выставки «Материалы. Методы. Технологии», 18 – 22 февраля 2013 г., п. Плавья, Карпаты – Киев: УИЦ «Наука. Техника. Технология», 2013.- С. 25–28. 10. Кривощеков В.Е. Общая проблема надёжности на стыке 2012-2013 годов: два главных принципа // Методы менеджмента качества,- №3.- 2013.- С. 34-36. 11. Кривощеков В.Е. Менеджмент надёжности – это и есть, по сути, управление техническим обслуживанием и ремонтом // Матеріали науково-технічної конференції "Суднові енергетичні установки: експлуатація та ремонт", 20.03.2013 – 22.03.2013. Частина І. – Одеса: ОНМА, 2013. – 2374 с. (стр. 72-73). 12. Кривощеков В.Е., Несколько значимых трендов современных мировых промышленных технологий // Современные проблемы производства и ремонта в промышленности и на транспорте: Материалы 15-го Международного научно-технического семинара, 23–27 февраля 2015 г., г. Свалява. – Киев: АТМ Украины, 2015. – (232 с.).- С. 81-83.

УДК 621.431.69

Журавлёв Ю.И., Молодцов Н.С.

Одесская национальная морская академия

Обеспечение надежности коленчатого вала судового дизеля при восстановлении путем оптимизации инженерии поверхности рабочих поверхностей

Коленчатый вал является самым ответственным и самым дорогим элементом судового дизеля. Его разрушение или поломка, как правило, связаны с потерей хода судна и продолжительным выводом его из эксплуатации [1]. Одними из основных неисправностей коленчатых валов являются повреждения поверхностей шеек в виде царапин, натиров, задиров и др.

Шейки коленчатых валов судовых МОД целесообразно ремонтировать (восстанавливать) непосредственно на судне, поскольку доставка их в цех из-за больших массы и габаритов весьма трудоемка, а износ незначителен. С этой целью инженером Владимировым Л. В. разработано специальное приспособление для шлифования рамовых шеек коленчатого вала на судне [2].

Однако одной операции шлифования для получения соответствующей инженерии поверхности шеек коленчатого вала недостаточно.

Поэтому теоретические и экспериментальные исследования, направленные на разработку технологического процесса формирования инженерии поверхности рамовых шеек коленчатого вала МОД при их восстановлении являются актуальными.

Одним из перспективных методов модифицирования поверхности является поверхностное упрочнение трением (ПУТ). Эффективность применения его для различных деталей приведена в [4].

Используя имеющуюся на кафедре ТМС ОНМА установку ПУТ и учитывая результаты выполненных ранее исследований для различных материалов, нами разработана и реализуется матрица планирования эксперимента применительно к материалу и инженерии поверхности рамовых шеек коленчатого вала МОД.

Для решения проблемы обеспечения надежности работы коленчатого вала принято целесообразным применение системного подхода, в соответствии с которым сопряжение «вал-втулка» представляет собой систему взаимодействия рабочих поверхностей деталей и смазки. Оптимизация такой системы обеспечит получение максимальной эффективности при эксплуатации. При этом следует учитывать, что поверхностный слой представляет собой совокупность следующих элементов: 1 - отклонение формы; 2 - макронеровности; 3 - волнистость; 4 - шероховатость; 5 - субшероховатость; 6 - адсорбированная зона; 7 - зона оксидов; 8 - граничная зона материала; 9 - зона материала с измененными физико-химическими свойствами; 10- основной материал, представленных на рис. 1 [2].

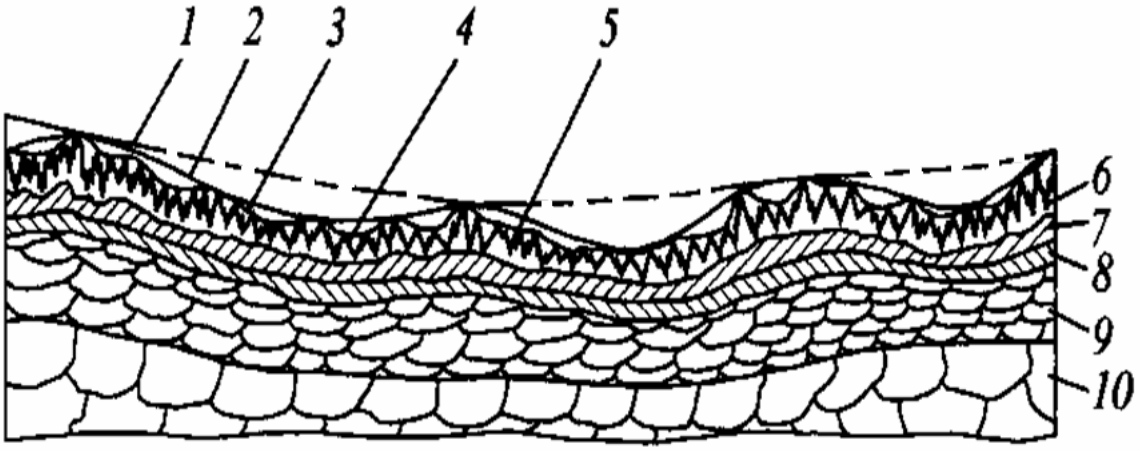


Рис. 1. Схема поверхностного слоя детали.

Если воспользоваться классической кривой износа и положить, что отказ детали наступает только в результате предельного износа, то тогда между графиком износа и теоретической кривой надежности должна существовать определенная взаимосвязь. Поскольку надежность-это сохраняемость объекта в заданный промежуток времени в пределах необходимых и достаточных

для обеспечения его работоспособности, то можно предположить, что с увеличением износа, то есть с уменьшением сохраняемости объекта, его надежность уменьшается. А поскольку падает надежность, то вероятность отказа, соответственно, возрастает.

То-есть вероятность того, что отказ может наступить равна вероятности того, что отказ не наступит, это так называемое состояние неустойчивого динамического равновесия. Если же износ будет идти более замедленно, то такое состояние с равной вероятностью отказа может наступить при 50% использованного моторесурса. При этом при вероятности отказа равной 50% отказ может не наступить, (отказ равен нулю, на первом и втором графике это показано пунктирной прямой). Половинный (50%) износ и соответствующая ему 50% вероятность отказа могут наступить и гораздо позднее при 70% или 80% наработки. При этом может возникнуть и отказ, но скорее всего это будет не закономерный, а случайный отказ. Если же износ будет составлять более 50%, то вероятность отказа существенно возрастет и он становится уже реальностью. Так, если износ будет составлять 85%-95%, то вероятность отказа при этом будет также равна 85%-95%, и отказ становится реальным событием.

Поскольку эксплуатационная надежность в таком случае находится в прямой зависимости от износа, то наступление отказа или безотказности объекта будет аналогичным образом зависеть от надежности так же, как и от величины износа. При этом важно знать при каком значении надежности может наступить или не наступить отказ. Это произойдет тогда, когда общая надежность будет равна нулю или значительно раньше, когда она еще не обратится в нуль. Ранее отмечалось, что физическая надежность существует только тогда, когда существует объект, и когда его свойства не равны нулю и нулевая надежность возможна лишь тогда, когда объект исчезнет, то есть когда исчезнет материя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1.Аварии и аварийные повреждения судовых дизелей /Э.В. Корнилов и др. – Одесса, 2010. – 272 с.

2. Инженерия поверхности деталей. / Колл. авт.: под. Ред. А. Г. Суслова. М.: Машиностроение. 2008. – 320 с.

3.Мухин, В.С. Инженерия поверхности деталей машин/ В. С. Мухин, А. М. Смыслов: Вестник УГАТУ, 2009. Т.12, №4 (33). С.106-112.

4. Молодцов Н.С. Восстановление изношенных деталей судовых механизмов. – М.: Транспорт, 1988. 182 с.

УДК 656.614.3.073

Петров И.М., к.т.н., проф. ОНМА, к.д.п.
Одесская национальная морская академия

Роль и место сюрвейера в сервисных эргатических системах на морском транспорте

В процессе эксплуатации морского транспортного судна, на определенных её этапах, оператором сервисной эргатической системы, наряду с морским агентом, часто становится сюрвейер. Слово сюрвейер происходит от английского глагола «to survey» - обозревать, изучать, осматривать, инспектировать. Сюрвейер (surveyor) – эксперт, осуществляющий по заказу принципала осмотр состояния судна и/или груза с целью определения количественных или качественных характеристик и составляющий экспертное заключение по факту состояния или любого ущерба судам и/или грузам [1].

Заказчиками сюрвейерских услуг выступают судовладельцы, фрахтователи/экспедиторы, грузовладельцы, страховые и классификационные общества. Морской агент, со своей стороны, способствует их реализации.

На практике необходимость инспекции возникает чаще всего там, где произошло столкновение интересов участников транспортного процесса. Обычно каждая из конфликтующих сторон номинирует для разбора спорных моментов своего сюрвейера. Желательно в этом случае выполнить совместную инспекцию с сюрвейерами противной стороны. Совместное заключение имеет больший вес при последующих разбирательствах. При совместном сюрвейе следует добиться, чтобы второстепенные обстоятельства не преобладали над главными причинами инцидента. В процессе работы сюрвейер устанавливает только факт, характер и размер повреждения или его отсутствие.

Результатом инспекции (сюрвея) является сюрвейерский рапорт (Survey Report, SR). Это - письменный доклад, составленный сюрвейером по заказу принципала, содержащий материалы по оценке состояния объекта и результаты осмотра.

Практика показывает, что, чаще всего, к услугам сюрвейерских компаний прибегают в случае какого-либо происшествия. Однако более оправданно воспользоваться услугами a priori [1]. Систематическое сотрудничество с сюрвейерской компанией позволяет судовладельцу/агенту и грузоотправителю судить о качестве предоставляемых услуг – с одной стороны. С другой стороны, грузополучатель также будет находиться в курсе качества услуг оказываемых сюрвейерской компанией. Такой уровень взаимоотношений неизменно приведет к высокой степени доверия между участниками транспортного процесса.

На Западе же без заключения независимого сюрвейера дело при рассмотрении в суде или в арбитраже, в страховых компаниях попросту будет проиграно, при этом никакие доводы сторон приняты не будут.

Согласно международным требованиям сюрвейеры должны иметь стаж работы на судах не менее 5 лет в должности капитана/старшего помощника или старшего/2-го механика. С эргономических позиций этот опыт обеспечивает достаточное знание устройства и систем судна, его работы на уровне управления. Сюрвейер должен уметь работать с людьми и в стесненных временных рамках, так как во время проведения им замеров грузовые работы или маневры судна должны прекращаться. Особые требования предъявляются к таким личным качествам, как человечность и объективность, поскольку сюрвейер должен представлять свое заключение на основе фактических замеров не в ущерб и не в пользу судовладельца, фрахтователя или любой другой из сторон.

В мире широко известна деятельность Международного института морских сюрвейеров, и в Европе - Европейской федерации ассоциаций морских сюрвейеров и консультантов – FEMAS.

На рис 1 приведены основные виды морского сюрвейя.

Морской технический сюрвей проводится на предмет готовности судна к морскому плаванию, пригодности грузовых помещений к приему и перевозке данного груза, водонепроницаемости люковых закрытий.

Морской грузовой сюрвей решает задачу оценки возможности перевозки данного груза на конкретном судне и обеспечения при этом безопасности судна с грузом.

Рассматривая морской технический сюрвей, более подробно остановимся на контроле водонепроницаемости люковых закрытий, т.к. подмочка груза представляет для страховщиков судна и груза одну из основных проблем его сохранности. [2]. По данным P&I Clubs, большинство случаев подмочки обусловлено дефектами люков. Статистические данные свидетельствуют о том, что повреждения влагой составляют 50% страховых случаев при перевозках стали, 30-40% - при перевозках навалочных грузов, грузов в биг - бэгах и других генеральных грузов [3].

На судах применяют различные конструкции люковых закрытий. Это [2]:

- складывающиеся закрытия (Folding Covers), выполняемые конструктивно из 2-х, 4-х и больше панелей и имеющие гидравлический, тросовый или цепной привод;

- скатывающиеся закрытия (Rolling Covers) - бортовые, когда обычно 2 большие панели закрытия скатываются к бортам, и поднимающиеся и скатывающиеся (Piggy-Back или Lift-and-roll);

- штабелирующиеся закрытия (Stacking covers), состоящие из отдельных панелей, которые могут скатываться по длине трюма в район, где установлены гидроцилиндры;

- понтонные закрытия (Ponton, Lift-away Hatch Covers), состоящие из панелей-понтонов, которые снимаются и устанавливаются по месту с помощью берегового или судового крана.

- уже морально устаревшие и редко встречающиеся деревянные лючины, накрываемые брезентом.

Конструктивно на всех типах люковых закрытий имеются бар на комингсе люка, и уплотнительная резина в специальном пазе на люковых крышках. После установки люковых крышек по месту они прижимаются с помощью специальных стопоров (Quick-acting cleats). Со временем резина «стареет», на ней вырабатывается канавка [2]. Сами крышки могут деформироваться, и вследствие этого прилегание резины нарушается. Затяжки стопоров иногда оказывается недостаточно, чтобы лидировать неплотности.

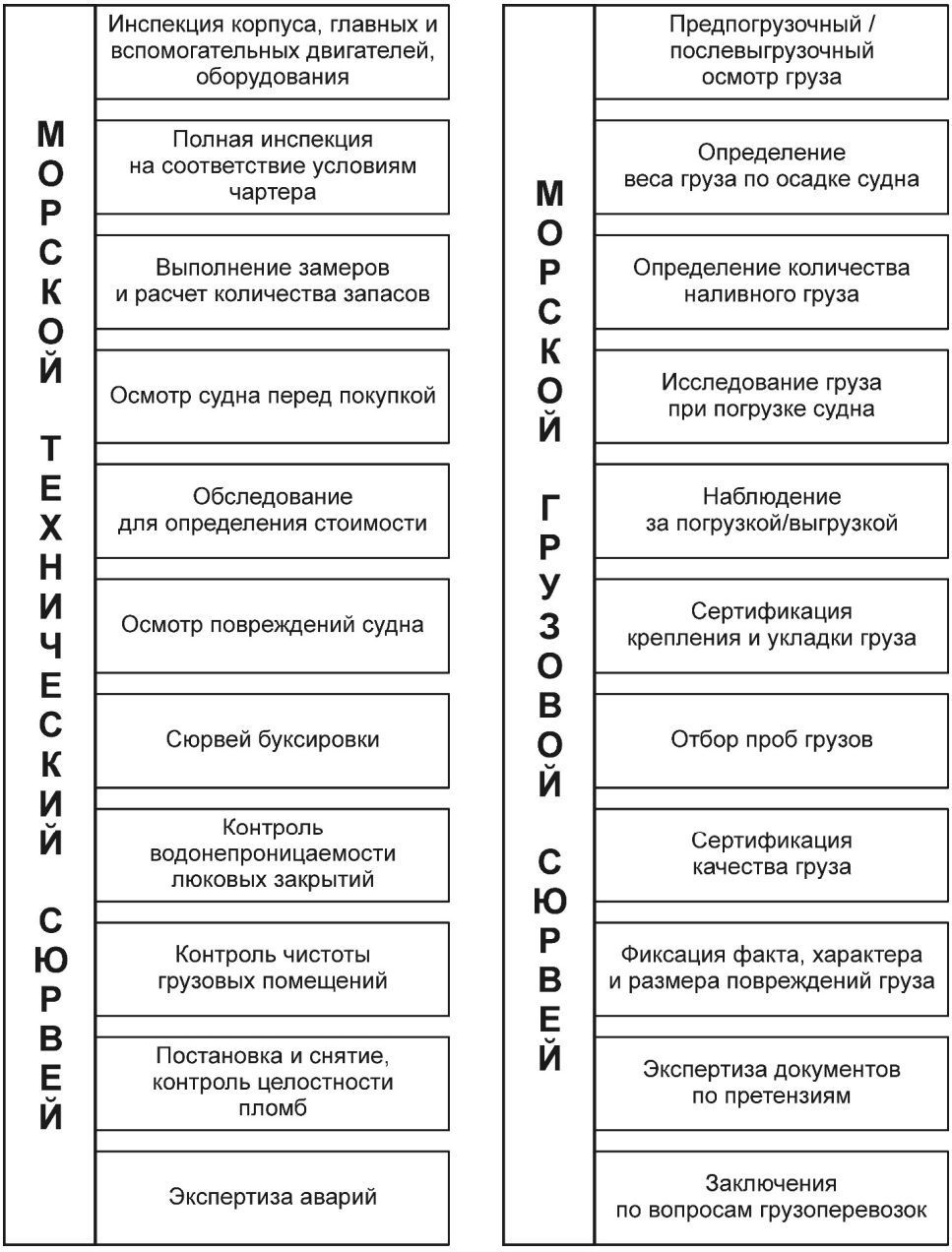


Рис. 1 – Основные виды морского сюрвейя

Инспектор Регистра, проверяющий люковые закрытия судна при ежегодном освидетельствовании, не всегда может выявить их небольшие дефекты, это во время инспекции может сделать сюрвейер. Основные дефекты люковых закрытий, приведшие, по данным P & I Clubs к подмочке грузов [4], приведены на рис. 2.

Рис. 2 – Дефекты люковых закрытий, приведшие к подмочке грузов

Для выявления дефектов люковых закрытий сюрвейеры используют методы контроля [5, 6]:

1. Поливом воды (Hose Test), когда места прилегания крышек, обтянутых по-походному, а также поперечные стыки между панелями поливаются из шланга под давлением. Сюрвейер в это время находится в трюме и фиксирует возможное появление подтеков и протечек.

2. Обмеловка, при которой крышки сначала укладываются по месту и обтягиваются, а затем снова сдвигаются или поднимаются. При осмотре в местах, где нет прилегания резины к бару, верхняя кромка которого заранее натерта мелом, его следы на резине отсутствует.

3. Ультрасоник-тест. Ультразвуковые волны, от излучателей помещенного в трюм генератора ультразвука, отражаясь от бортов, палубы и крышек, равномерно «заполняют» трюм. Обходя по периметру люкового закрытия со специальным приемником, сюрвейер в местах течи улавливает звук, и по уровню сигнала судит о величине протечки. Эти места помечаются мелом для последующего ремонта.

Наиболее достоверными являются методы Hose Test и Ультрасоник – тест, которые для чистоты эксперимента часто совмещают с визуальным осмотром и обмеловкой. Для надежности герметизации в местах прилегания резины к бару автор применял при работе на субстандартных судах монтажную пену.

Из основных видов морского грузового сюрвейя наиболее известен драфт – сюрвей [7]. Но многообразие видов грузового морского сюрвейя не ограничивается только им одним. На рис. 3 приведенные данные по количеству и объему убытков и претензий по видам грузов, понесенных P & I Clubs за 2004 -2013 гг.

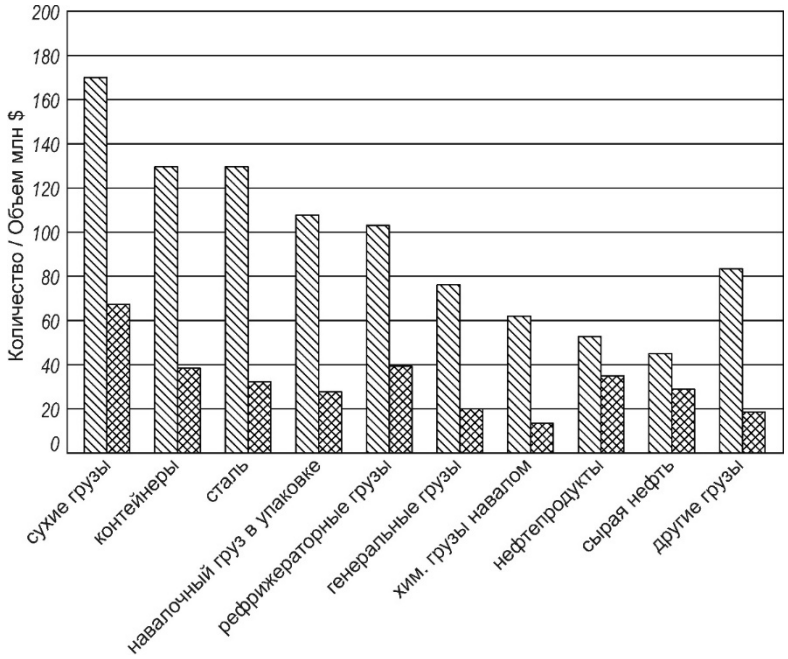


Рис. 3. Количество и объем убытков и претензий по видам грузов

В заключение заметим, что становление института независимых сюрвейеров в Украине до сих пор не закончено, значительный вес на нем имеют иностранные компании [8]. В противовес их экспансии необходимо разумно использовать на эргономических принципах потенциал отечественных компаний в большей мере, что может быть достигнуто техническим совершенствованием их деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров И.М. Организационные и коммерческие взаимоотношения морского агента: Учебное пособие. – Севастополь, УМИ, 2007. – 131 с.
2. Гуральник Б.С., Кубрин С.С. Сюрвейерское дело: учебное пособие. - Калининград: Фабрика печати, 2008. – 136 с., 63 илл., 11 табл.
3. David Byrne. Hatch Cover Maintenance and Operation. – London: Anchorage Press, 1997. – 65 p.
4. Keith Taylor. Hold and Hatch Covers. – London: A. Bilbrough & Co. Ltd, 2001. – 61 p.
5. Снопков В.И. Кодекс независимых сюрвейеров. - СПб: Ассоциация независимых сюрвейеров, 2000. – 124 с.
6. Lloyd s Survey Handbook. – London, Hong Kong: LLP, 1999. – 390 p
7. Петров И.М**.** О совершенствовании учета судовых запасов при определении количества груза на борту. //Судовождение: Сб. науч. трудов / ОНМА. Вып. 18. – Одесса: «ИздатИнформ», 2010. – С. 151-160.
8. Балобанов А.О. Организационно – правовые аспекты сюрвейерской деятельности (из международной практики): учебное пособие. - Одесса: Фенікс, 2010. – 28 с.

УДК 621.441.59

Асп.Виноградов Н.О., д.т.н., проф. Тарапата В.В.
Одесская национальная морская академия

Разработка феноменологической модели нагрузочной способности и модернизация экспериментальной базы для обеспечения массопереноса в подшипниках качения судовых технических средств

В последние годы группа подшипников качения получают в судостроении все более широкое распространение благодаря своим многочисленным преимуществам [1]. Не в последнюю очередь это обусловлено освоением производства технологии крупногабаритных изделий диаметром до 1000 мм и более (рис. 1).

В целом применяемые технологии являются достаточно разработанными, обеспечивают приемлемые показатели надежности, а имеющаяся техническая документация позволяет говорить о том, что такие решения относятся к категории инженерных [2], лежат в области механики твердого тела и, по-видимому, во многом себя исчерпали.

По нашему мнению, дальнейший прогресс возможен при рассмотрении процессов взаимодействия между смазкой и рабочими поверхностями подшипника качения с позиций физической химии.

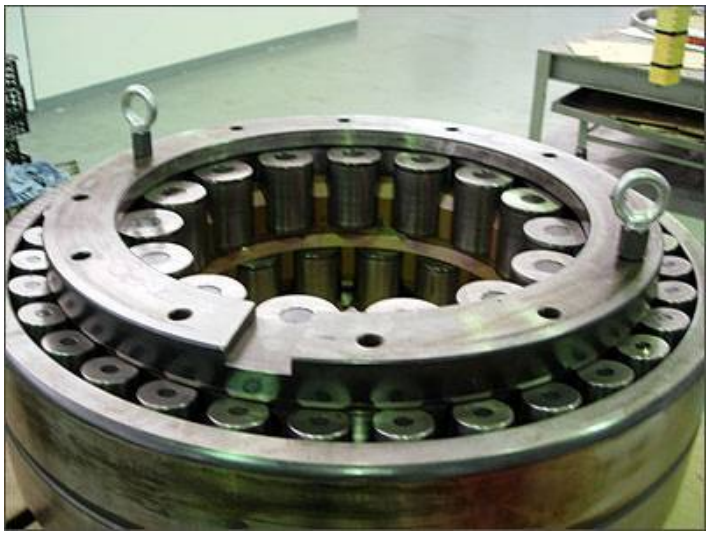


Рис. 1. Роликоподшипник качения диаметром 1000 мм

Следует отметить, что эти вопросы уже затрагивались в работах [3, 4]. В них рассматривалось строение всех типов смазки: на основе нематиков, смектиков и молекул характеристического типа.

Выполненный нами анализ этих работ показал, что наиболее перспективными для разработки феноменологической модели подшипников качения типом смазки являются более "жесткие" нематики или холестеристические жидкие кристаллы, имеющие "дальний" ориентационный порядок.

Сделанный выбор учитывает условия, этапы и работы элементов подшипника качения. По нашему мнению, они таковы.

- Действительно, рассмотрим их, принимая за начало отсчета линию контакта одного из роликов с рабочей поверхностью кольца. При этом считаем, что расклинивающая пленка не нарушена и между элементами – роликом и кольцом – существует хотя бы монослой молекул смазки, т.е. выполнены условия граничного трения. При этом молекулы смазки "закреплены" пяткой за счет существующих на ней свободных радикалов на поверхности ролика и ориентированы по длине (т.н. "хвостом") перпендикулярно.
- Представим описанную молекулу как образец для испытаний на растяжение. При движении по циклоиде расстояние между торцами молекулы (образца) возрастает, аналогично происходят и другие превращения, включая и разрыв отдельных связей между атомами молекул.
- В конечном счете, этап работы на разрушение связей в кристалле заканчивается, и начинаются процессы, которые можно моделировать как сжатие и устойчивость.

Таким образом, нами предлагается рассматривать нагрузочную способность подшипника качения как предельное значение устойчивости молекул смазки в направлении, перпендикулярном его рабочим поверхностям.

Рис.2. Модифицированная установка для обеспечения переноса вещества

Для достижения поставленной цели – повышения нагрузочной способности подшипников качения предполагается оптимизировать состав их материала микролегированием, а также введением в базовую смазку необходи-

мых добавок, обеспечивающих максимальное усилие сдвига за счет строения поверхности отклика в "пятке".

Реализация предлагаемого решения, с учетом существующей оснащенности современными установками и приборами, в качестве приемлемой альтернативы, потребовала разработки нового подхода и соответствующей модернизации имеющихся установок (рис.2).

Экспериментальная установка позволяет уйти от ионного легирования рядом последовательно выполняемых технологических операций (укрупнено): а – нанесение гальванических покрытий разной толщины по известным технологиям; б – рассасывание гальванически нанесенного слоя в вакууме до получения слоев обедненных твердых растворов нанесенного материала в матрице – материале колец подшипника качения [5].

Основные технические данные установки:

- максимальная температура – до 1200 °С
- размеры рабочего пространства: диаметр – 40 мм, длина – 500 мм.
- вакуум – до 10^{-3} мм рт.ст.

Помимо этой, предполагается использование разработанной и изготовленной гальванической установки для нанесения слоев необходимого материала на образцы и мелкие детали с рядом экранов.

Для исследования строения образцов планируется использование разнообразного оборудования и приборов.

Подводя итоги, можно отметить, что в исследуемом направлении имеется достаточно много вопросов, требующих серьезной научной проработки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов Н.О. Анализ современных методов увеличения нагрузочной способности подшипников судовых технических средств / Н.О.Виноградов // Матеріали науково-технічної конференції на тему "Енергетика судна: експлуатація та судноремонт", 26.03.2014 – 28.03.2014. Частична //. С. 66-67.
2. Фастович Д.П. Увеличение срока службы подшипников качения за счет использования пластичных смазок с ультрадисперсным алмазографитом / Д.П. Фастович // Сибирский федеральный университет. Серия "Техника и технологии".
3. Гаркунов Д.Н. Триботехника. М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.
4. Евдокимов В.Д. Трибология знакопеременного трения: монография. – Одесса: Интерпринт, 2011. – 432 с.

Металлохимические свойства элементов периодической системы. Автор: Корнилов И. И., Матвеева Н. М., Пряхина Л. И., Полякова Р. С. Год: 1966 Издание: Наука, - 346 с.

ІНЖЕНЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТА ПРОФЕСІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА МОРІ

УДК 656.61.050.4(042.3)

Доц. Басанец Н.Г.
Одесская национальная морская академия

Первопричина аварии в «человеческом факторе»

Итоги расследований аварийных происшествий на море показывают, что их основной причиной являются ошибки, допускаемые экипаэюами при управлении судами, а таксисе упущения береговых организаций, занятых в обслуживании флота, то есть негативные воздействия человеческого фактора.

Существующий термин "форс- мажор" или действие непреодолимых сил, как правило, сводится до минимума. Штормовые погодные условия могут быть спрогнозированы и учтены при составлении маршрута перехода. Учитывается ледовая обстановка. Плавание в тумане поддается учету и может быть скорректировано. "Форс-мажором[11] разве что можно назвать подводное извержение вулкана, или, что совсем маловероятно, падение метеорита. В действующем „национальном документе "Положение о порядке классификации, расследовании и учете аварийных случаев с судами" (ПРАС-90) в приложении 1 приводится классификационная таблица аварийных случаев. В п.3 выделены причины аварийных случаев — "без вины экипажа". Однако, ссылка на отсутствие вины (более правильно — причастности) экипажа не говорит, что здесь не присутствует человеческий фактор, а именно: плохое навигационно-гидрографическое обеспечение, конструктивные недостатки судна, некачественный ремонт, неправильная политика судоходной компании в отношении безопасности, недостаточный контроль со стороны классификационных обществ. Система МКУБ, внедряемая в настоящее время, ставит своей целью распределить ответственность за контролем безопасности судоходства между судовладельцем и судовым персоналом.

Важнейшим документом, связанным с расследованием аварий, является Резолюция ИМО А.849(20) — "Кодекс по расследованию морских аварий и инцидентов". Согласно Кодексу все аварийные происшествия классифицируются как "очень серьезные аварии, серьезные аварии и морские инциденты".

Не менее важным документом является Резолюция ИМО А.884(21) — "Дополнение к Кодексу по расследованию морских аварий и инцидентов". В этом документе отражена роль человеческого фактора и освещен целый ряд вопросов относительно поведения личности в физическом, физиологическом, психологическом и психосоциальном аспектах и ограничений человека-оператора на судне.

Еще за шесть лет до появления Резолюции ИМО (21) была принята Резолюция А.772(18) — "Факторы усталости при укомплектовании судов экипа-

жами". В документе все факторы усталости распределяются по связанным между собой группам:

ц) зависят от управления на берегу на судре, программного обеспечения;

о) зависят от технического оборудований на судне, степени автоматизации, условий жизни и работы;

в) факторы, относящиеся к экипажу, зависят от подготовки, компетенции, консолидирования коллектива;

г) зависят от воздействия окружающей среды.

В Резолюции А.884 приводится схема, которую составил Hawkins, имеющая аббревиатуру SHEL (software — программное обеспечение, hardware —техническое обеспечение, environment —- окружающая среда, liveware — человек). В центре схемы находится человек (капитан), он связан с программным обеспечением, с техническим обеспечением, с окружающей средой, а также с коллективом.

С 12.09.97 вступило в силу циркулярное письмо ИМО MSC/circ/827 — доклады об авариях и инцидентах на море. Сообщению в ИМО подлежат очень серьезные аварии, о морских инцидентахсообщается, если имеются важные извлеченные уроки. В приложении 2 данного циркуляра пункты 8—10 полностью касаются всех аспектов человеческой личности, технического и программного обеспечения, воздействия окружающей среды, а также степени допускаемых оператором ошибок.

Хотелось бы обратить внимание на установление типа и характера нарушения. Их можно подразделить на преднамеренные и непреднамеренные действия.

Непреднамеренные действия, в свою очередь, включают две категории: slip

—оплошность, неверный шаг, промах — связаны главным образом с невнимательностью, lapse — упущение, обычно связано с забывчивостью.

Преднамеренные действия также подразделяются на две категории: mistake —ошибка, которая возникает по причине непонимания правил, инструкций либо незнания, violation — нарушение, которое совершается преднамеренно, вопреки существующему плану, инструкциям, правилам и является самым тяжелым типом ошибки. Разумеется, нельзя все вышеперечисленные градации разложить по своим нишам. Например, если штурман при корректуре карты по невнимательности забыл отметить факт переноса буя на другое место или не отметил какую-либо банку, отмель, судно может или коснуться грунта, или зайти в запретный для плавания район. Поэтому градация по типу ошибок согласно Кодекс^ не может быть однозначной. Если учитывать психофизиологические особенности характера оператора (судоводителя, механика, и др.), то зачастую эти особенности могут стать причиной ошибок, которые вызвали действия, приведшие к аварийной ситуации. Это — самонадеянность, небрежность, отсутствие чувства ответственности или осторожности. Серьезным преднамеренным нарушением являются коммерческие требования, которые сопутствовали торговому мореплаванию с незапамят-

ных времен. В начале XX века коммерческие требования способствовали гибели «Титаника». В январе 2001 года в результате перегрузки судна, в Черном море утонул т/х "Память Меркурия", гибель которого унесла 20 человеческих жизней. Капитан судна был ознакомлен с информацией об остойчивости /и непотопляемости, в ней указывалось, что максимальное количество груза должно быть не более 200 т, в том числе не более 25 т на палубу. Однако на судно было погружено 324 т, в том числе 234 т на палубу. Имея на борту радиооборудование, которое регламентировало следование не далее 20—25 миль от берега, капитан осуществлял маршрут через центральную часть моря из Стамбула в Евпаторию. Следовательно, капитан знал, что действует вопреки плану и инструкциям, но он нарушил их, выполняя коммерческие требования судовладельца и оператора. Хотелось бы заметить, что сегодня правовое поле Украины недостаточно обеспечивает защиту капитана от диктата хозяина в отношении коммерческих требований. В конвенции СОЛАС глава IX (МКУБ), Резолюции А.74Ц18) п.3.2 рассматриваются вопросы обеспечения ответственности компании за безопасность мореплавания и охрану окружающей среды. П.4 требует наличия в компании ответственного за обеспечение безопасности лица. В резолюции ИМО А. 847(20) "Руководство по оказанию помощи государствам флага в осуществлении документов ИМО" в Добавлении п.7.2 говорится о наказании собственника, который побуждает капитана нарушать какие-либо положения.

Говоря об особенностях человека, как оператора, действующего на судне, необходимо учитывать черты его характера и использовать это с максимально возможной пользой. В 1997 году Nautical Institute (Морской Институт) издал руководство, которое написал капитан Tallock, "Commercial management for shipmasters" ("Коммерческое руководство для капитанов судов"). Здесь подробно разбираются физиологические и психологические особенности личности. Модель делит весь судовой персонал на два типа:

экстраверты — психологический склад этих личностей направлен, главным образом, на внешний мир, внешние предметы;

интроверты — их психологический склад сосредоточивается на своем внутреннем мире, на себе.

В свою очередь, первый тип делится на две категории, условно их можно назвать "thinkers" — "мыслящие" и "sensors" — "чувственники". Например, "мыслящие" очень сильны в анализе, проектировании, которое базируется на рационализме и логике. Вместе с тем они слабы во внедрении решений. "Чувственники", наоборот, плохо планируют, но зато энергичны при выполнении замыслов и сильны в практической работе.

Второй тип — интроверты (интроспективные личности), также делятся на две категории. Это "intuitors" — "интуитивисты", и "feelers" — "распознаватели". "Интуитивисты" опираются на знания и опыт, сильные в общем обзоре, однако упускают детали. Им свойственны предчувствие и подозрительность. Обладают абстрактным мышлением. "Распознаватели" имеют эмо-

циональный склад, хорошо вникают в детали, в мелочи, сущности, но порой не замечают общих фактов. Уделяют внимание конкретике.

Согласно модели, которую применяет Карл Юнг, личности делятся в зависимости от подхода к работе на четыре типа:

личность аналитического склада (отвечает на вопросы типа "как?");

личность оператора (отвечает на вопросы типа "что?");

личность благожелательного типа (отвечает на вопросы "почему?");

экспрессивная личность (отвечает на вопросы "кто?").

В реальной жизни человеческие характеры не всегда возможно отнести к одной из вышеперечисленных категорий. Кроме того, один и тот же человек в различных ситуациях проявляет себя по- разному. Основная цель градации — правильно распознать характер личности для качественного консолидирования судового экипажа.

Хотелось бы остановиться еще на одном аспекте. Очень часто командный персонал судов в принятии каких-либо ответственных решений сталкивается с фактором дефицита времени. В большинстве случаев при возникновении проблемы существует равная зависимость между сложностью задачи, динамичностью нарастания и неопределенностью решения. Этот же принцип сохраняется, только в обратном порядке, при уменьшении сложности ситуации. Поэтому, интересно знать о видах решений, принимаемых для разрядки ситуации:

1) стереотипные решения (основаны на рекомендациях в нормативных документах и включают перечень различных процедур),

2) альтернативные решения (использование различных вариантов и альтернативных схем),

эвристические решения (хотя этот вид решения представляет внезапное "озарение" в сознании, подоплекой его являются накопленные знания и опыт), случайные решения (также могут иметь место, исходя из априорного опыта).

Приводимые примеры аварий достаточно ясно иллюстрируют влияние человеческого фактора на их причины.

26.11.99 катамаран "MS Sleipner", флаг Норвегии, в Северном море, в рейсе из Бергена в Ставангер, выскочил на рифы с полного хода (35 узлов). В результате кораблекрушения было разрушено более 60% днища. Из 85 человек (9 членов экипажа, остальные — пассажиры) погибло 16. Причиной данного случая является неквалифицированное управление быстроходным средством, плохое наблюдение за окружающей обстановкой, превышение скорости в осенне-зимний период времени.

17.01.2000 в Каркинитском заливе Черного моря в штормовых условиях переломился т/х "Славутич-16". Помимо неправильного маневрирования, которое осуществлял капитан судна, отмечен ряд других причин аварии. Следовало бы задаться вопросом — почему судно в возрасте девяти лет эксплуатировалось с цементными ящиками в днищевой части набора (перелом произошел в районе этих ящиков). При доковании судна не было произведено

соответствующее подкрепление набора днищевых секций. Контроль классификационного общества, а также судовладельца за состоянием корпуса был недостаточен. Под воздействием 20 минутного неблагоприятного волнения произошла авария.

3. 02.02.2000 в районе Российского побережья Кавказа, в штормовых условиях, потерпел кораблекрушение (переломился на две части и затонул) т/х "Тикси", флаг Камбоджи, багамский судовладелец, украинский оператор, экипаж — граждане Украины. Во время аварии погиб один член экипажа. Капитан судна принял неверное решение — следовать назначением без всестороннего анализа прогноза погоды и учета рекомендаций лоции Черного моря. За два с половиной месяца до аварии на судне был произведен ремонт на Херсонском СРЗ. Согласно заключению капитана порта Новороссийск, косвенно причастным к происшествию явился судовладелец, а также представители классификационного общества, контролировавшие ремонт.

4. 14.03.01 т/х "Алькор". При погрузке контейнеров у терминала Херсонского СРЗ произошло резкое накренение судна (до 30°) с последующим падением за борт 22 контейнеров. Как выяснилось при расследовании, персонал терминала нарушил технологический режим погрузки контейнеров, не произвел расчеты грузового плана, не контролировал вес контейнеров. Судоводительский состав судна также допустил целый ряд нарушений: расчет остойчивости выполнен неверно, не произведена балластировка танков двойного дна, отсутствовал контроль веса контейнеров и наблюдение за швартовыми концами.

Приведенные примеры наглядно показывают, что погодные условия являются далеко не основной причиной возникновения аварийной ситуации. Решающими являются ошибки и упущения в деятельности судового и берегового персонала. Внедрение требований МКУБ, налаживание более тесной связки "берег-судно", повышение уровня компетенции судового и берегового персонала, комплектация экипажей с учетом психофизиологических свойств каждой личности помогут значительно уменьшить негативное влияние человеческого фактора на безопасность мореплавания.

УДК 656.61

Даниленко Д. В.
Одесская национальная морская академия

Организация действий и подготовка к ликвидации аварии групп входящих в состав аварийных партии на судах

Для подготовки аварийных партий, необходимо проанализировать природу формирования условий, которые характеризуются как аварийные. Для каждой категории применять наиболее эффективный метод ликвидации. С этой целью, проводился анализ всех видов аварий, выявлялись основные

причины аварийности и определялись направления работы. Параллельно с профилактическими мероприятиями для усиления перспектив решать проблемы по ликвидации аварий, с привлечением всех ресурсов, проводится исследование возможности повышения эффективности за счет подготовки аварийных групп, плана организации операции и отработки навыков действия с применением имитационного метода.

Особенностью аварийных групп на торговых суда, является, отсутствие длительного периода для «приработки», входящих в нее членов экипажа. Наша задача разработать план мероприятий по организации и подготовки аварийных партий для обеспечения их эффективной работы в заданных условиях, с учетом особенностей экипажей торговых судов.

Аварии судов, их классификация по виду и характеру

В обычном словарном значении авария (итал. avaria, от арабского "авар" - повреждение, ущерб) - неожиданный выход из строя машины, судна, самолета; происшествие, которое повлекло за собой повреждение или разрушение техники, с нарушением производственного процесса или опасностью для человеческой жизни.

Авария судна (морская авария) рассматривается как событие, произошедшее с судном в определенный момент времени (столкновение с другим судном, посадка на мель) или на определенном интервале времени (пожар, затопление судна). Авария представляет собой реализацию опасностей для мореплавания, т.е. переход последствий их воздействия из события вероятного в событие достоверное.

Авария всегда рассматривается как событие с определенными последствиями. Ими могут быть гибель судна (опрокидывание, затопление, полное конструктивное разрушение), утрата мореходного состояния (при столкновении с другим судном, ударе о подводное препятствие, при посадке на мель, пожаре или взрыве), гибель человека (людей). К морским авариям относят повреждения, причиненные не только судам, но и другим плавающим, буксируемым или стационарным объектам (станциям для сбора океанографических данных, плавучим средствам навигационного оборудования, буровым платформам, портальным кранам) при столкновении судов. Аварией следует также считать событие, заключающееся в воздействии опасности на судно, следствием которого

Морские аварии классифицируются по их виду, то есть по природе реализуемых в них опасностей и способам их реализации. Полный перечень видов морских аварий вряд ли возможен, однако на практике используются те или иные, в значительной части совпадающие перечни.

Аварии технологического характера обусловлены спецификой того вида деятельности. для которого судно предназначено (перевозка грузов, промысел рыбы, разработка минеральных ресурсов морского дна, ледокольные операции и т.д.).

Аварии форс-мажорного характера: штормовые повреждения, ледовые повреждения, намотка на винт троса или притопленных сетей (не связанная с

выполнением промысловых, швартовных, буксировочных операций), потеря остойчивости или плавучести при обледенении, потеря остойчивости на попутном волнении, повреждения корпуса, механизмов, систем, устройств от применения мин, снарядов, ракет и другого оружия, повреждения, причиненные падением метеоритов, извержением вулкана, выбрасывание на берег при цунами и т.п.

К авариям экологического характера можно отнести причиняющий вред окружающей среде выпуск топлива, других опасных веществ, аварийная утечка (прорыв) или аварийный выпуск аммиака из системы рефрижераторной установки, прорыв (выброс) газа, транспортируемого танкером-газовозом.

Борьба за живучесть судна является обязанностью всех членов экипажа и регламентируется:

1. Уставом службы на судах Министерства морского флота Украины;
2. Наставлением по борьбе за живучесть судна (НБЖС);
3. Расписанием по тревогам.

Послеаварийное состояние судна характеризуется наличием аварийных повреждений и ущерба его эксплуатационным свойствам. Дальнейшее воздействие опасных факторов при определенном сочетании условий может самопроизвольно привести к гибели судна (затопление, выгорание, разрушение конструкций корпуса и набора и т.п.).

Способность судна противостоять аварийным повреждениям, восстанавливая при этом свои эксплуатационные свойства, называется его живучестью.

Борьба за живучесть (НБЖС) предусматривает развертывание специальных организационных структур.

Командирами аварийных партий (групп) назначаются:

• При трех (двух) аварийных партиях:

командир *носовой партии* - второй помощник капитана,

командир *кормовой* - третий механик;

• При *одной аварийной партии* – командир - второй помощник капитана, заместителем командира назначается третий механик;

аварийной партии (группы) машинного отделения - второй механик;

• На малых судах при *одной аварийной группе* борьба за живучесть судна ведется согласно Расписанию по тревогам под непосредственным руководством капитана судна.

При наличии в штате судна двух вторых помощников капитана командиром кормовой аварийной партии должен назначаться также второй помощник капитана. Заместителями командиров аварийных партий назначаются третий и рефрижераторный (системный) механики.

На аварийные партии возлагаются следующие задачи:

• Герметизация судна;

• Эвакуация людей, вынос раненых из аварийных помещений;

• Постановка пластырей, заделка пробоин в корпусе судна, удаление воды из затопленных помещений и воды, скопившейся при тушении пожаров и от фильтрации;

• Борьба с пожаром, паром, дымом; и т.д.

В составе аварийной партии должны быть предусмотрены:

• Группа разведки, состоящая из старшего группы и двух-трех связных, и группы лиц по ликвидации повреждений

Формами подготовки экипажа являются теоретические и практические занятия, частные и общесудовые учения.

Практические занятия проводятся, как правило, непосредственно у мест расположения соответствующего судового оборудования.

Частные учения проводятся для отработки взаимодействия и слаженности работы членов экипажа на судовом посту и между судовыми постами, закрепления навыков в использовании аварийных средств и материалов. Учения проводятся начальниками аварийных партий, групп и постов.

О сборе участников проведения частного учения сообщается по судовой радиотрансляции (без объявления общесудовой тревоги). Руководитель учения обеспечивает подмену участников учения, занятых на вахте или судовых работах. После прибытия членов судового поста руководитель должен проверить наличие участников, объявить тему и цель учения, дать указания по его организации и соблюдению мер предосторожности, проверить знание участниками учения их обязанностей в соответствии с расписанием по тревогам.

В ходе частного учения руководитель добивается четких и правильных действий в соответствии с поставленной целью; после окончания учения проводится его разбор.

Общесудовые учения проводятся со всем экипажем судна под непосредственным руководством старшего помощника капитана и общим руководством капитана судна. Для проведения учения объявляется учебная тревога.

План учения составляет старший помощник капитана на основании задания, полученного от капитана, с привлечением других лиц командного состава. План предусматривает отрабатываемые на учении эпизоды, характер и размеры условных повреждений. Планируется последовательность событий учения, намечается имитация повреждений с тем, чтобы создать обстановку, максимально приближенную к действительной, но ни в коем случае не приводить к фактическим повреждениям техники или несчастным случаям с людьми.

Вводные данные, характеризующие события учений, оформляются в виде открыток, вручаемых исполнителям в незапечатанном виде, или секреток, которые вскрываются в указанный на конверте момент.

Учения, насколько это практически возможно, должны проводиться так, как если бы существовала действительная аварийная ситуация. После каждого учения должен проводиться его всесторонний разбор, руководитель уче-

ний дает оценку действиям участников, отмечает положительные результаты и недостатки.

Подробное описание содержания проводимых на судне тренировочных учений должно заноситься в судовой журнал.

Международная конвенция СОЛАС-74 регламентирует сроки и содержание обучения членов экипажа по использованию судовых спасательных средств и их снабжения и средств пожаротушения. ***Каждый член экипажа должен пройти обучение и инструктаж не позднее, чем через две недели после прибытия на судно.*** Инструктаж должен включать следующие вопросы:

- приведение в действие и использование судовых надувных спасательных средств;
- использование судовых спасательных средств в тяжелых погодных условиях и в условиях сильного волнения;
- проблемы гипотермии, первая помощь при гипотермии и в других случаях;
- приведение в действие и использование судовых средств пожаротушения.
- Для большей согласованности аварийных партий, программы подготовки должна включать отработку навыка действия в условиях, максимально приближенных к реальным, с имитацией отрабатываемой ситуации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конопелько Г И. и др. «Охрана жизни на море». – Москва: Транспорт, 1990, -256 с.
2. Глотов Ю. Г. и др. «Безопасность жизнедеятельности человека на морских судах». – Москва; Транспорт, 2000. – 200 с.
3. Колегаєв М.О., Іванов Б.М., Басанець М.Г. «Безпека життєдіяльності і виживання на морі». – Одеса: КП ОМД. -352 с.

УДК 330.341.1 + 658.8; 614.8.026.1:005

Доц. Приходько К.О.

Одеська національна морська академія

Перспективи функціонального інноваційного менеджменту для забезпечення сталого розвитку безпеки експлуатації морських ресурсів судновими компаніями

Інноваційний менеджмент — це управління змінами, сукупність організаційно-економічних, психологічно-соціальних методів, форм та способів управління виробничого процесу. Інноваційний менеджмент — це

такий спосіб дій, який забезпечує сприятливі умови для розвитку, найменш затратни шляхом, за рахунок креативних впроваджень. «Інноваційний менеджмент» спрямований на формування й забезпечення умов інноваційного розвитку будь-якої організації. При цьому менеджмент охоплює не тільки економіко-технічні проблеми, а й проблеми всіх сфер людської діяльності що впливають на господарський процес, який може змінюватись під впливом інновацій на краще. [1]

Як наука і мистецтво управління інноваційний менеджмент базується на теоретичних положеннях загального менеджменту, серед яких визначальними є закони та закономірності динамічних систем, принципи, функції, форми й методи цілеспрямованої діяльності людей у процесі управління цими системами.

Як вид діяльності та процес прийняття управлінських рішень інноваційний менеджмент являє собою сукупність процедур, що утворюють загальну схему управління інноваційним процесом. Ця сукупність складається з відповідних функцій управління, кожна з яких розпадається на окремі види роботи (етапи), що пов'язані з багатогранною діяльністю підприємства і виконуються у відповідній послідовності. [2]

Функціональний інноваційний менеджмент націлений, головним чином, на ефективне управління процесом розроблення, упровадження, виробництва та комерціалізації інновації, при цьому важливим моментом є синхронізація функціональних підсистем, удосконалення координувальних дій операційної системи виробництва, управління персоналом і здійснення контролю за інноваційним процесом.

Ефективність інноваціонного менеджменту — оцінюється економічним та соціальним ефектом. Економічний ефект полягає в тому, що можна знаходити принципово нові, якісніші, менш затратні путі досягнення результату, який задовольняє нові потреби. Соціальний ефект полягає в якісному змінюванні умов праці, рівня життя.

Кінцевим результатом інноваційної діяльності є розробка та реалізація інноваційних програм і проектів. Упровадження інновацій у будь-якій галузі економіки потребує фінансових витрат. Їх впровадження має бути обґрунтованим та актуальним для рішення потреб.

Фінансові ризики безпеки, які приймає на себе або яким піддається робо-тодавець, безпосередньо пов'язані з рівнем менеджменту в компанії і ризи-ками, які приймаються суб'єктами впливу, як соціальними, так і природними. [3]

У динамічному оточенні рівень ризику, постійно змінюються й методи управління ризиками. Управління виробничими ризиками має орієнтуватися на оцінку загального ризику, і сприяти цілям спеціальної ризикової політики галузі, в рамках якої оцінюються показники відповідності міжнародним вимогам безпеки.

Інноваційні зміни в галузі професійної безпеки при детальному розгляді мають ряд здатних до розвитку елементів. Комплекс факторів системи

вимагає синхронізації розвитку і потенційне зростання безпеки системи зосереджений в області вдосконалення двох основних компонентів виробничого середовища технічної та соціальної. Підвищення технологічності і автоматизації моніторингу та контролю управління, можуть розширити можливості прогнозування розвитку умов аварійності та несприятливого фону травматизму.

Актуальними питаннями залишаються методи оптимізації професійної підготовки і впровадження в професійне середовище працівників, що володіють достатніми знаннями, вміннями і навичками для виконання професійного завдання на сучасному рівні безпеки.

Може бути розрахованими додаткові інвестиції в інновації які витрати на дорожчий варіант інновацій можуть окупитися завдяки приросту економічних результатів, зумовлених реалізацією інновацій. [4]

На підставі аналізу наслідків реалізації ризиків у професійному середовище працівників морського транспорту, виявлені пріоритетні об'єкти застосування інноваційного менеджменту для розвитку безпеки експлуатації морських ресурсів судновими компаніями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ISO 31000:2009. Менеджмент риска. Принципы и руководящие указания.
2. Микитюк П.П. Інноваційний менеджмент: Навчальний посібник. - Тернопіль: Економічна думка, 2006. - 295 с.
3. Инновационный менеджмент: Справ, пособие / Под ред. П. Н. Завлина, А. К. Казанцева, Л. Э. Миндели. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ЦИСН
4. Управление рисками организаций. Интегрированная модель. Краткое изложение. Концептуальные основы. COSO, 2004.

УДК 656.60.045.4(042.3)

Ст. преп. Вороненко Г.А.
Одесская национальная морская академия

Влияние эмоциональных состояний оператора на производственную деятельность

В отличие от технических кибернетических устройств, человек не только принимает, хранит и перерабатывает поступающую к нему информацию, но и по-своему реагирует па нее. При этом он может испытывать удовлетворение, недовольство, гнев, страх. Разнообразные переживания, в которых проявляются отношения человека к окружающей действительности, к людям, а также к самому себе, называются эмоциями (чувствами).

В рамках инженерной психологии особое значение приобретает изучение эмоциональной устойчивости и эмоциональной напряженности.

Эмоциональной устойчивостью называют способность человека сохранять профессиональную работоспособность в условиях эмоциогенных воздействий. Под эмоциогенными следует понимать воздействия, вызывающие различные эмоциональные состояния (страх, радость, отчаяние, гнев и т. д.). Эмоционально устойчивые люди даже в условиях ярко выраженных отрицательных эмоциональных проявлений умеют справиться со своим состоянием и выполнить поставленную задачу.

В условиях современного производства, характеризующегося возрастающей скоростью и сложностью трудовых процессов, умножилось и количество эмоциогенных воздействий.

По отношению к эмоциональным процессам выделяют операционную и эмоциональную напряженность. Операционная напряженность рассматривается как напряженность деловой природы, она является результатом сложности выполняемой деятельности, не имеющей эмоционального компонента. Эмоциональная напряженность характеризуется интенсивными эмоциональными переживаниями в ходе деятельности.

Люди, не обладающие достаточной эмоциональной устойчивостью, при наличии эмоциогенных нагрузок испытывают значительные эмоциональные напряжения, что приводит к нарушению профессиональной деятельности. При этом наблюдаются скованность позы, ухудшение координации движений, сужение объема внимания, ухудшение деятельности анализаторов, нарушение функции памяти, мышления и т. д.

В зависимости от того, какой вид нарушения психических функций преобладает, можно выделить эмоционально-моторную, эмоционально-сенсорную и эмоционально-интеллектуальную напряженность.

Уровень тяжести и напряженности труда может выходить за допустимые пределы и вызывать такие состояния человека, которые называются стрессовыми. Необходимо подчеркнуть, что в эргономическом аспекте исследование эмоциональных состояний человека предстает как важное условие обеспечения надежности системы "человек-машина", успешного решения задач профотбора и обучения. И здесь нельзя обойти вниманием еще одну, неизбежно присущую всякой производственной деятельности разновидность психологических факторов, среди которых особое место занимает профессиональный стресс.

Стресс есть состояние высокого напряжения защитных реакций организма человека, наступающих в ответ на резкое воздействие различных раздражителей (стрессоров).

Бесспорно то, что с каждым годом в результате технического прогресса усложняется производственная база, расширяется среда механизации процессов труда, а, значит, неуклонно возрастает физиологическое давление на человека, его психику, все большее и большее внимание привлекает к себе "стресс-компонент" нашей повседневной жизни.

Стрессу могут подвергнуться буквально все в любом коллективе - от новорожденных до престарелых, и вполне закономерно в последнее время у

специалистов эргономики возрос интерес к профессиональной деятельности человека, аспектам трудовых задач и взаимоотношений на работе как главенствующим источникам возникновения стрессовых ситуаций.

Рабочий процесс играет в развитии стресса далеко не последнюю роль. В тех случаях, когда на работника воздействуют опасные либо вредные вещества, чрезмерная жара, холод или иные причины, чаще всего у него и возникают резкие перепады в настроении. Вдобавок к этому, кроме физического воздействия, активизирующего систему адаптации, проявляют себя психические и социальные факторы, обладающие весьма действенным эффектом. К ним относятся эмоциональные нарушения такого типа, как тревога и депрессия, поведенческие проблемы в виде чрезмерного потребления алкоголя и курения, а также различные формы психосоматических расстройств (например, желудочно-кишечные заболевания).

Выраженность стрессовой реакции смягчается рядом личностных факторов, таких, как, в частности, состояние здоровья и свойства характера, уровень социальной поддержки, которую получает индивид. Если стрессовые реакции достаточно сильны и продолжаются в течение длительного времени, то возникают нарушения здоровья в форме желудочно-кишечных, сердечно-сосудистых или иных заболеваний.

Следует различать физиологический и психологический виды стресса.

Физиологический стресс возникает при чрезмерной тяжести и нервной напряженности труда. Данный вид стресса происходит при воздействия на организм человека различных неблагоприятных факторов. Например, под влиянием высоких температур может возникнуть тепловой стресс. Психологический стресс может рассматриваться как крайняя степень психологического напряжения. Он оказывает неблагоприятное воздействие не только на организм человека, но и на человека как на личность.

Состояния психического и нервного напряжений, а также состояния, вызванные тяжестью труда могут быть зарегистрированы в ряде показателей как психологического, так и физиологического характера. Это позволяет объективно анализировать функциональные состояния человека в процессе работы. В заключение необходимо отметить, что в эргономическом аспекте исследование эмоциональных состояний человека имеет важное значение в обеспечении надежности системы "человек-машина", в решении задач профотбора и обучения.

УДК338.242

Ст. преп. Деркач В.Г.
Одесская национальная морская академия

Анализ понятия "несчастный случай".

Одним из центральных понятий рассматриваемой области является несчастный случай. Считается, что необходимым и достаточным условием не-

счастного случая является непреднамеренность и неожиданность его возникновения. Условие непреднамеренности в определении несчастного случая оказывается вполне очевидным. Если человек в труде специально наносит себе телесное повреждение, то такой акт уже не может расцениваться как несчастный случай, а относится к уголовным преступлениям.

Остановимся на втором условии — неожиданности. Это условие в определении несчастного случая присутствует и у многих авторов, но его едва ли можно признать необходимым. Элемент неожиданности нельзя считать необходимым условием для всех несчастных случаев, поскольку перед несчастным случаем часто возникает так называемая опасная ситуация, в которой у человека имеется возможность осознать сложившееся положение вещей и понять близость этой ситуации к несчастному случаю. В такой ситуации человеку приходится изыскивать пути избежания несчастного случая, а если это не удается, то хотя бы искать способы снижения степени его тяжести. В то же время опасная ситуация, из-за недостаточной ее выраженности или неумения ее распознать, не всегда вовремя обнаруживается, и тогда действительно несчастный случай возникает для человека неожиданно. Однако здесь фактор неожиданности следует рассматривать не как норму, а, скорее, как некоторую «патологию», с которой нужно бороться, и ни в какой мере не узаконивать его в самом определении несчастного случая. Исходя из сказанного, в данной работе мы будем придерживаться следующего определения несчастного случая. Несчастный случай — *это внезапное непреднамеренное повреждение человека (препятствующее нормальному продолжению его деятельности), происшедшее в результате воздействия опасного производственного фактора или собственного опасного поведения*.*

Событие несчастного случая можно рассматривать и с иной точки зрения. Опасные производственные факторы обычно имеют внешне определенные пространственные области действия. Такие области — их называют опасными зонами — характеризуются, с одной стороны, видом опасности и ее интенсивностью, с другой — временем ее действия. Так, например, опасной зоной является территория под стрелой подъемного крана и поднятым грузом или ближайшее пространство около движущихся элементов стационарно расположенных механизмов, машин. Причем в первом примере опасная зона *перемещается,* а во втором она *стабильна.* Опасная зона может возникать и по случайным законам. Так, например, при отказе рулевого управления судна опасной зоной случайно оказывается зона швартовки или даже соседнее судно, куда может врезаться неуправляемое судно.

Необходимым условием того, чтобы возник несчастный случай от опасного производственного фактора, является *нахождение человека в опасной зоне.* Однако если в этой зоне будет соблюдена предусмотренная организация и человек, а также техника будут действовать исправно, то несчастный случай, как правило, не должен возникнуть. Следовательно, вторым необходимым условием возникновения несчастного случая являются *нарушения*

(личного, технического или организационного порядка), появляющиеся именно в тот момент, когда человек находится в опасной зоне.

Однако эти два необходимых условия все же не являются достаточными для несчастного случая; кроме них, требуется обычно еще определенное *стечение целого ряда других обстоятельств.*

Заметим, что существуют точки зрения, по которым несчастный случай расценивается как «нежелательное событие, ведущее к материальному ущербу и (или) повреждению». При такой трактовке любая авария, даже не повлекшая за собой повреждения людей, может квалифицироваться как несчастный случай. Однако условимся, что в дальнейшем изложении мы будем использовать понятие «несчастный случай» только применительно к повреждениям людей, независимо от связанного с ним материального ущерба.

Исходя из всего вышесказанного, *несчастный случай можно определить как событие, возникающее в результате некоторого нарушения трудового процесса и стечения определенных обстоятельств чаще всего в тот период, когда человек находится в опасной зоне.* Кроме общепринятых трактовок понятия «несчастный случай», в данной работе следует специально остановиться на его психологическом воздействии *и на том смысле, какой это событие приобретает в индивидуальном сознании пострадавшего.*

Несчастный случай, как уже было сказано, возникает против желаний человека. Человек хотел выполнить работу и достичь намеченной цели, не повредив себя. Но этого, по не зависящему от него стечению обстоятельств, сделать не удалось. Таким образом, не сам человек, а *случайное стечение обстоятельств послужило фактической причиной несчастного случая* (ведь само название происшествия «несчастный случай» уже свидетельствует о его с л у ч а й н о й природе). Разумеется, человек должен был как-то предусмотреть развит тие трудового процесса, должен был что-то знать, помнить, учитывать и действовать по-иному — тогда несчастного случая не было бы. Однако он так не действовал опять-таки не преднамеренно: какие-то другие обстоятельства помешали ему действовать правильно. Все это дополнительно свидетельствует о том, что несчастный случай, происшедший по вине человека, следует расценивать как в известной мере случайное* событие.

Указывая на фактор случайности этого события, следует специально подчеркнуть, что данное обстоятельство обычно не может служить для человека оправданием в подобном происшествии. Его заранее обучали профессии, правилам безопасности работы, и он должен был бы уметь прогнозировать развитие событий в процессе труда, учитывать возможности появления различных случайных факторов и их стечений. И если это было возможно, а рабочий своевременно должным образом не отреагировал, то он отвечает за возникновение происшествия. Поэтому-то несчастный случай оказывается весьма сложным и эмоционально насыщенным психологическим проявлением, где переплетаются факторы случайности и необходимости, обязанности и ограниченности возможностей, ответственности и страданий, которыми приходится расплачиваться за допущенную оплошность. А тот факт, что не-

счастный случай происходит неожиданно и внезапно, делает это событие, согласно информационной теории эмоций, еще более волнующим.

Наряду с физическим повреждением, несчастный случай обычно несет с собой и большой моральный ущерб для пострадавшего. Однако даже тогда, когда последствия несчастного случая бывают не столь тяжелыми и легкоустранимыми, с ним связан *сложный комплекс переживаний неудачи, досады, обиды, вины* и т. п.

Как показали исследования, понятие «несчастный случай» семантически наиболее тесно связано с содержанием, которое несут слова: "вина», «забота», «страдание», «трусость», «глупость», «легкомыслие». Иначе говоря, психологически несчастный случай воспринимается человеком как некая оплошность, вызывающая у него, кроме физических страданий, переживание совершенной ошибки. Как отмечает известный австрийский специалист в области безопасности труда Е. Миттенекер, «несчастный случай пи в коей мере не может рассматриваться как случайное событие, в нем скорее звучит переживание очень сильной собственной ответственности, вины, личных, в том числе и моральных, недостатков».

Несчастный случай нередко влечет за собой и немалый социальный ущерб: он производит тяжелое впечатление на других рабочих, а это, в свою очередь, ухудшает психологический климат в коллективе и понижает производительность труда.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СОЛАС 74-2002 (Международная Конвенция по охране человеческой жизни на море 1974-/-Одесса, Студия негоциант/, 2002 -328с.

2. Б.М. Іванов., М.О. Колегаєв., Ю.І. Касілов., О.І. Іванов. "Основи охорони праці на морському трансторті" Одеса "Компас" 2003Р.

3. Котик М.А. "Психология и безопасность". Таллин: Валгус, 1987г. -440с.

УДК 159.943

Ст.преп. Разлуцкий А.Н.
Одесская национальная морская академія

Профессиональный отбор – шаг в сторону безопасности на море.

Анализ аварийных случаев на море свидетельствует о том, что в чрезвычайных обстоятельствах люди ведут себя по-разному. Многие при воздействии экстремальных факторов не теряют внутренней собранности и хладнокровия, сохраняют способность к быстрой ориентировке, выделению главных факторов, определяющих характер ситуации. Опасность как бы мобилизует их внутренние ресурсы, придает дополнительную энергию, способствует реализации волевых качеств.

Но бывает и так, что работник, обладающий необходимыми профессиональными знаниями, в опасной ситуации теряет самообладание, начинает чрезмерно суетиться, «дергать» людей, вместо того чтобы организовать их действия, подает нелепые, нелогичные команды или, наоборот, как бы впадает в оцепенение, перестает осознавать окружающую обстановку, не реагирует на сигналы, не организует действия своих подчиненных. Опасность последствий дезорганизации деятельности в сложной обстановке выдвигает проблему профессиональной пригодности работников, под которой понимается комплекс присущих человеку свойств и предрасположений к выполнению определенного вида труда.

Идея профессиональной пригодности опирается на разработанное И.П. Павловым и развитое Б.М. Тепловым и В.Д. Небылициным [1] учение об основных свойствах нервной системы, к которым относятся сила, подвижность, лабильность и динамичность нервных процессов.

Сами по себе свойства нервной системы не являются «положительными» или «отрицательными». Так, например, слабость проявляется, с одной стороны, в малой выносливости нервной системы, но, с другой, связана с повышенной чувствительностью к воздействиям малой интенсивности (для сильной нервной системы - наоборот).

Исключительно большое практическое значение имеет решение вопроса о том, может ли человек с определенными свойствами нервной системы справиться с той или иной профессиональной деятельностью, приспособиться к ее требованиям. Известное распространение получила идея, в соответствии с которой виновники аварий обладают чуть ли не врожденной предрасположенностью к неправильным действиям в напряженных ситуациях и. следовательно, достаточно (и возможно) выявить «потенциальных аварийщиков», чтобы решить проблему повышения надежности человеческого звена систем «человек и машина».

В ряде профессий, и прежде всего операторного типа, в которых возможно возникновение экстремальных ситуаций, определенные свойства нервной системы при современных методах обучения и структуре профессиональной деятельности носят характер абсолютного противопоказания. Главным требованием ряда операторских профессий является способность к переключаемости, т.е. быстрой смене установок при возникновении новых условий, к поддержанию высокого уровня бдительности в течение длительного времени.

Переключаемость представляет собой характерное проявление комплекса «сила - подвижность». Как указывает К.М. Гуревич [2], «можно полагать, что в некоторых профессиях, например в водительских, именно достаточная сила и подвижность нервных процессов обеспечивают успешную деятельность в тех трудных ситуациях, когда неточные и несвоевременные действия человека могут привести к аварии». Одним из критериев, который имеет практическую значимость и обычно выдвигается сторонниками профотбора в качестве основного аргумента в его пользу, являются высокая ответст-

венность и опасность как для окружающих, так и для самих работников ошибочных действий специалистов. Другой аргумент — высокая стоимость профессионального обучения, его сложность [3]. Доводом в пользу введения профотбора может также служить наличие людей, не могущих освоить свою профессию до требуемого качества. Важнейшим критерием в пользу практического осуществления профотбора является преобладание числа кандидатов над числом вакансий. О том, что отбор для данной профессии не является необходимым условием, может свидетельствовать возможность широкого использования полученных знаний и навыков в смежной профессии в случае позднего выявления несоответствия данной профессии. Подход к профессиональному отбору как к «выбраковке» непригодных, как «дискриминации» малоперспективен по отношению к молодым людям, выбирающим профессию, а тем более по отношению к уже работающим специалистам. Значительно большие перспективы имеет путь «селекции», выбора достойнейшего среди многих.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Небылицин В.Д. Основные свойства нервной системы человека как нейрофизиологическая основа индивидуальности. — В кн.: Естественно научные основы психологии. М., 1978, с. 295-336,
2. Гуревич К.М. Профессиональная пригодность и основные свойства нервной системы. - М.: Наука, 1970. - 272 с.
3. Платонов К.К., Голубев Г.Г. Психология. - М.: Высшая школа, 1977. - 247 с.

УДК 656.61.050.4(042.3)

Коштаков В.Д.
Одесская национальная морская академия

Коломейченко Г.Ю.
Одесский национальный университет им. И.И.Мечникова

Адаптационные изменения микробных ценозов одесского залива

В решении ряда проблем экологии важное значение имеют работы по исследованию экологических систем, как основы прогнозирования и оптимизации функционального развития гидробионтов в регионе.

На протяжении ряда лет сотрудниками сектора экологии Одесского национального университета были проведены работы по изучению состояния морских экосистем в районах, прилегающих к рекреационным зонам северо-западного Причерноморья.

Исследования, направленные на изучение механизмов адаптационной изменчивости микробных ценозов северо-западного шельфа Черного моря под влиянием антропогенного воздействия проводились авторами в при-

брежной части Одесского залива. Работы велись в 5 районах побережья - от дачи Ковалевского до акватории порта и района предприятия ЗОР.

Необходимо отметить, что последствия антропогенного воздействия в значительной мере выражены в районах Одесского залива. Согласно имеющимся данным, в огороженных берегозащитными сооружениями участках побережья, где идет интенсивный распад органики и ее минерализация, проявляется выраженная активность микроорганизмов, что способствует развитию процессов самоочищения моря от загрязнения.

В северо-западной части Черного моря установлена активная адаптация организмов - обитателей морских экосистем к загрязнению водоема токсикантами. В последние годы за счет антропогенного воздействия плотность биомассы микрофлоры возросла в 3-5 раз, а численность бактерий-сапрофитов увеличилась на порядок, что связано с эвтрофированием водоема. В море идет процесс биодеградации бактериями токсикантов (фенола, резорцина и др. веществ).

Анализ полученных данных показал, что активность исследуемых групп морских бактерий была в целом выраженной во всех исследуемых районах Одесского залива. Однако, активность микробных ценозов и их адаптационная изменчивость были не однозначными. Они определялись сезоном исследований, спецификой районов залива, гидрохимическим и геохимическим составом воды, степнью ее загрязнения токсикантами.

Высокая активность микробных ценозов, адаптировавшихся в воде Одесского залива к антропогенному воздействию, установлена в летний и летне-осенний периоды года, оставаясь относительно выраженной в осенний период и постепенно снижаясь в ноябре и декабре месяцах, что совпадает с опубликованными в литературе данными.

Наиболее интенсивной была активность морских бактерий в воде акватории порта и в районе предприятия ЗОР: общее содержание микрофлоры - 1,1-1,8*105

кл/мл; бактериальная биомасса - 0,682-0,737 мг/л.; среднее содержание гетеротрофов (сапрофитов) в воде этих районов составляло: 1,7 - 2,7 *104 клеток/мл; железомар- ганцевых бактерий 6,5*10 - 3,3*10 кл/мл; газобиохимическая активность хемоли-тотрофов (сульфатредукторов, метанообразующих и водородных бактерий) - 100 % положительных проб.

В других исследуемых районах побережья Одесского залива (дача Ковалевского, 16 ст. Большого фонтана, пляж Дельфин) указанные параметры микробиологических процессов в воде были менее выраженными, чем в акватории порта и в районе предприятия ЗОР. Эти показатели составляли: общее содержание микрофлоры - 3,0*104 кл/мл; бактериальная биомасса - 0,275-0,495 мг/л; гетеротрофы - 7,2*103 кл/мл; железомарганцевые бактерии - 4,0*10 кл/мл; газобиохимическая активность хемолитотрофов - 50 % положительных проб.

Полученные данные указывают на степень загрязнения Одесского залива (особенно значительного в акватории порта и в районе предприятия ЗОР) за

счет антропогенного и техногенного воздействия и загрязнения - органическими веществами, углеводородами, нефтепродуктами, соединениями тяжелых металлов и другими токсикантами. При высоком уровне химического загрязнения моря возрастает количество и значение стойких видов бактерий, способных к деструкции и трансформации загрязнителей.

В настоящее время экосистемы Черного моря адаптируются к новым условиям обитания. Это в равной степени касается гидробионтов (фито- и зоопланктон), микробных ценозов и микоценозов, одноклеточных водорослей и других организмов.

Загрязнение моря токсикантами ведет к увеличению активности процессов адаптации гидробионтов и микроорганизмов к условиям обитания в водоеме и к выработке защитных и приспособительных механизмов.

В процессе адаптации морские бактерии вырабатывают различные приспособительные механизмы - регуляцию клеточного метаболизма, индуцированный синтез ферментов, изменения культурально-морфологических и физиологобиохимических свойств. При этом появляются доминирующие виды бактерий, устойчивых к воздействию загрязняющих веществ.

В морской воде, загрязненной органическими соединениями, появились гетеротрофные бактерии способные использовать токсиканты, как субстрат конструктивного и энергетического обмена.

Адаптируясь к условиям обитания в загрязненной морской среде, стойкие бактерии вытесняют из экосистемы другие популяции микроорганизмов. Появляются индикаторные культуры бактерий, развитие которых - ответ на химическое загрязнение.

Полученные авторами данные могут быть использованы как информативный параметр экологического мониторинга в водоеме и как показатель состояния морских экосистем в регионе. Эти данные могут быть полезными в решении практических задач рационального природопользования, сохранения и использования природных курортных ресурсов рекреационной зоны морского региона. Они могут также использоваться при поиске индикаторных культур морских микроорганизмов и их практическом применении.

УДК 629.5.064

Ст. преп. Иванов А. И.
Одесская национальная морская академия

Некоторые вопросы транспортировки морем сжиженного природного газа

Особенности перевозки некоторых наливных грузов на танкерах.

Исходя из специфики перевозки, можно выделить 4 вида наливных грузов: нефть и нефтепродукты; пищевые грузы; сжиженные газы; химические грузы. Сжиженные газы.

По происхождению и условиям перехода в жидкое состояние, необходимое для морской транспортировки, газы делят на:

- природный газ - метан;
- газы нефтяной перегонки - пропан, бутан и их смеси;
- химические газы - этилен, хлорвинил, бутадиен; аммиак.

Применяются 3 способа хранения газа при его транспортировке морем;

- под давлением;
- под давлением с частичным охлаждением;
- при атмосферном давлении с охлаждением до жидкого состояния.

Природные и нефтяные газы отрицательно воздействуют на организм человека при попадании в дыхательные органы и кровь.

Низкая точка кипения сжиженного газа (метана) и воспламеняемость паров обуславливают их пожароопасность, а низкая температура при транспортировке(-162°С) и увеличение объёма при переходе из жидкого состояния в газообразное в отношении 600:1 определили некоторые особенности конструкции танкеров-метановозов. Метан менее воспламеняем, чем бензин и нефтяные газы, такие, как пропан и бутан, и по сравнению с аммиаком он менее токсичен. Метан становится воспламеняемым при смешивании его паров с воздухом, поэтому конструкцией танкеров-метановозов предусмотрено исключение контакта груза с воздухом при погрузке, перевозке и выгрузке. Пожароопасность возникает только в случаях разлива или утечки груза из танков или трубопроводов.

На танкере-газовозе разрабатывается руководство по выполнению операций, где отражены грузовые операции, контрольные проверки по обеспечению безопасности и действия в экстренных случаях.

Транспортировка морем СПГ всегда была только небольшой частью всей индустрии природного газа, которая требует больших вложений в разработку газовых месторождений, заводов по сжижению, грузовых терминалов и хранилищ. Как только первые суда для перевозки СПГ были построены, и показали себя достаточно надежно, то изменения в их конструкции и возникающие отсюда риски были нежелательны, как для покупателей, так и для продавцов, которые были основными лицами консорциумов.

Судостроители и судовладельцы также не проявляли особой активности. Количество верфей, строящих суда для перевозки СПГ невелико, хотя недавно Испания и Китай заявили о своих намерениях начать строительство.

Однако ситуация на рынке СПГ изменилась и продолжает изменяться очень быстро. Появилось много желающих попробовать себя в этом бизнесе.

В начале 1950-х развитие техники сделало возможным морскую транспортировку СПГ на большие расстояния. Первое судно для перевозки СПГ был перестроенный сухогруз «Marlin Hitch» типа «либерти», постройки 1945 года, в котором свободно стояли алюминиевые танки с внешней теплоизоляцией из бальсы. Оно было переименовано в «Methane Pioneer» и в 1959 году совершило свой первый рейс с 5000 м3 груза из США в Великобританию.

Несмотря на то, что вода, проникшая в трюм, намочила бальсу, судно работало довольно долго, пока не стало использоваться как плавучее хранилище.

В 1969 году, первое специально построенное судно для перевозки СПГ было построено в Великобритании для рейсов из Алжира на Англию, и называлось оно «Methane Princess». Оно имело алюминиевые танки, паровую турбину, в котлах которой можно было утилизировать выкипевший метан. Размеры судов с тех пор изменились незначительно. В первые 10 лет коммерческой деятельности, они увеличились с 27500 м3 до 125000 м3 и к сегодняшнему дню до 145000 м3. Дальнейший рост грузовместимости до 216000 м3 намечается в наши дни. Первоначально, сжигаемый газ обходился судовладельцам бесплатно, так как из-за отсутствия УПСГ его надо было выбрасывать в атмосферу, а покупатель был одной из сторон консорциума. Доставить как можно больше СПГ, не было основной целью, как сегодня. Современные контракты, включают стоимость сожженного газа, и это ложится на плечи покупателя. По этой причине, использование газа как топлива или его сжижение стали основными причинами новых идей в судостроении.

В некоторых контрактах, продавец выставляет цену СПГ как CIF (цена, страховка, фрахт), в других как FOB (свободно на борту), покупатель платит за фрахт и поэтому заинтересован в его снижении, а значит в снижении объема его сжигания. Это, а также увеличение трампового рынка, приводит к конкуренции судов, а, следовательно, к их конструктивному улучшению.

УДК 338.284

Доц. Касилов Ю.И.
Одесская национальная морская академия

Опасные миграции морских организмов в балластных водах

Балластировка судов является в настоящее время неотъемлемой частью морских перевозок и избежать этого процесса невозможно, поэтому основным путем пресечения распространения нежелательных морских организмов является предотвращение их сброса с судов в портах. Это большая трудная и ответственная задача. Важность последствий в этом вопросе может проиллюстрировать такой пример.

Американская ктенофора - бедствие для рыболовства в Черном море

Считается, что американская ктенофора **Mnemiopsis leidyi -** организм, происходящий из района восточного побережья Американского континента, внедрен в Черное море посредством водяного балласта в 70-х годах.

Ктенофора (организм со свойствами, сходными с медузой) - прожорливый хищник, питающийся зоопланктоном, рыбной икрой и рыбными личинками, и она в большой мере обусловила кризис промысла анчоусов в Черном море.

В своей книге "Black Sea" (Jonathon Cape, London, 1996) Нил Ашерсон написал: "В конце 80-х годов, главным образом в период между 1987 и 1988 годами, произошел один из наиболее опустошительных взрывов популяций биологических организмов, когда-либо зарегистрированных наукой. Совершенно неожиданно в Черном море распространилась ктенофора Mnemiopsis, животное, у которого нет известных хищников для ограничения его популяции. Она с прожорливостью поедала зоопланктон - пищу мальков рыб - и рыбные личинки. В Азовском море ктенофора Mnemiopsis уничтожила почти всю популяцию зоопланктона, которая в 1989 и 1991 году уменьшилась до одной шестисотой своей обычной средней величины. Общая биомасса полупрозрачной медузообразной ктенофоры в Черном и Азовском морях достигла 700 миллионов тонн, и ее воздействие оказалось совершенно катастрофическим. С уроном, нанесенным рыбам и другим ресурсам, не может сравниться ни один зарегистрированный случай урона, нанесенного губительной деятельностью человека или нашествием саранчи... "

Поэтому обработка балласта должна быть особенно тщательной.

При выборе метода обработки балласта всегда следует помнить, что он должен отвечать следующим критериям:

- он должен быть безопасным;
- он не должен наносить вред окружающей среде;
- он должен быть экономичным;
- он должен быть эффективным.

Первый метод - исключение сброса балласта вообще. Это самый надежный способ, он применяется в тех случаях, если сброс балластных вод запрещен полностью. Понятно, что этот способ не очень практичен.

Второй путь - уменьшение концентрации морских организмов, содержащихся в принимаемом на борт водяном балласте. Это может быть достигнуто путем ограничения количества принимаемого водяного балласта, а также путем выбора мест приема балласта (не следует принимать балласт на малых глубинах, районах застоя воды, поблизости от мест слива сточных вод и дноуглубительных работ и районов обнаружения патогенных микроорганизмов).

Третий метод заключается в обработке водяного балласта на борту судна. Уже разработаны определенные технологии этого процесса, рекомендуемые Руководством ИМО по обработке балласта. Такая обработка может осуществляться следующими способами:

физический (нагревание, обработка ультразвуком, ультрафиолетовым излучением, магнитным полем, ионизация серебром, и т.п.);

механический (фильтрование, внесение изменений в конструкцию судна, применение специальных покрытий танков и т.п.);

химический (озонирование, удаление кислорода, хлорирование, применение биореагентов и т.п.);

-биологическое воздействие - добавление в балластную воду хищных или паразитных организмов с целью уничтожения вредных микроорганизмов.

К сожалению, среди перечисленных способов пока нет достаточно эффективных и экономичных. Так, например, механическая обработка путем сепарирования или фильтрования занимает много времени и не обеспечивает отделение микроорганизмов. Есть необходимость удаления осадков, образующихся в результате фильтрования.

Применение химикатов (самый доступный пока способ) само по себе влечет ряд проблем: в первую очередь это очевидный риск для здоровья экипажа, неизбежная коррозия балластных насосов, трубопроводов, покрытий танков и других частей балластной системы, а также, разумеется, загрязнение этими химикатами морской среды в результате их сброса вместе с балластом.

Физическое же воздействие ультрафиолетовыми лучами, ультразвуком, нагревание балластной воды также несет большой риск для здоровья экипажа, может вызвать эффект коррозии, а в случае сброса горячей воды - повредить местную морскую экосистему. Большой минус при использовании физического воздействия - оно не дает стопроцентной гарантии уничтожения патогенных микроорганизмов.

Четвертый метод - береговая обработка - по мнению Американского Бюро Судоходства имеет ряд преимуществ. Однако необходимо учесть, что многие суда не имеют возможности сдавать водяной балласт на береговые приемные сооружения. Что касается портов, то далеко не все из них могут предоставить судну соответствующие приемные сооружения. При этом мало вероятно, что в ближайшее время порты начнут строить приемное оборудование для водяного балласта, имея еще много не решенных проблем с приемным оборудованием, требуемым правилами Конвенции МАРПОЛ.

Существует также идея возврата балластной воды в тот порт, где она была принята на борт. Разумеется, серьезно об этом говорить не приходится, кроме, возможно, применения на пассажирских судах, где (пока теоретически) такой вариант можно рассмотреть.

Пятый метод заключается в смене балласта в водах открытого океана или его разбавлении.

Другие методы. Существуют и другие методы решения проблемы. К ним относятся:

- Сертификация чистого балласта - заключается в получении судном лабораторного сертификата в порту приема балласта. В таком сертификате должно оговариваться, что в судовом балласте отсутствуют водные организмы, которые могут быть опасны в порту сброса. Очевидно, что не может быть достаточно эффективным.

- Сохранение балласта на судне в течение длительного времени - в воде, которая находится в судовых танках более 100 суток практически все водные организмы погибают ввиду отсутствия света и высокого содержания железа в воде. Однако абсолютное большинство судов не имеет возможности сохранять балласт на борту в течение более чем трех месяцев.

Электролитическое генерирование ионов меди и серебра - метод достаточно эффективен, однако некоторые организмы могут адаптироваться к воздействию ионов меди и серебра, кроме того воздействие высокой концентрации этих веществ на природную среду еще недостаточно изучено.

Существуют и предложения по региональному решению проблемы: морская администрация Нидерландов, например, предложила странам Персидского залива организовать перевозку пресной воды в балластных танках танкеров во время балластных переходов из Европы в страны Залива.

(Справедливости ради необходимо отметить, что руководство программы GloBallast получает новые предложения по решению проблемы водяного балласта каждую неделю, среди которых есть и такие экзотические, как строительство судов с подъемным днищем (после выгрузки днище судна перемещается вверх до уровня твиндечной палубы для уменьшения погруженного объема корпуса).)

Анализируя приведенные пять основных методов, можно сделать вывод, что практически применимыми и эффективными являются в настоящее время только второй и пятый методы. Второй метод, безусловно, наиболее прост и логичен, а с точки зрения хорошей морской практики его необходимо применять во всех случаях планируемого приема балласта. Однако он не дает гарантированных 100-процентных результатов. Поэтому применять его нужно только в сочетании с другими методами. Что касается пятого метода, то он заслуживает более подробного рассмотрения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. МАРПОЛ 73/78 г. Одесса Студия "Негоциант" 2004г.

2. Международная Конвенция ИМО о контроле судовых балластных вод и осадков и управление ими. 2004г.

3. Ю. Одум. Основы экологии. Москва 1975г. Изд. "Мир".

4. 1- й научно-практический семинар по проблемам управления судовыми балластными водами. 14 марта 2003г. Одесса ОНМА.

УДК 341.225:629.5.015.6

Доц. Парменова Д.Г.
Одесская национальная морская академия

Анализ изменений в кодексе по уровням шума на судах

В условиях плавания на организм моряков оказывает воздействие комплекс взаимосвязанных, различных по уровню и характеру факторов окружающей среды (климатические условия района плавания, микроклимат судовых помещений, шум, вибрация, электростатическое излучение, электромагнитное излучение, вредные вещества в воздухе, микрофлора помещений, психофизиологические факторы и др.). Число факторов судовой среды мо-

жет достигать нескольких десятков и их воздействие на организм при определенных условиях может изменяться в диапазоне от «вреда для здоровья» до «опасности для жизни». Одним из таких факторов является шум. Негативные результаты воздействия шума на организм человека проявляются не сразу, а носят незаметный, накапливающийся и необратимый характер. Длительное воздействие шума на человека приводит к снижению слуховой чувствительности, к изменениям функции пищеварения, приводит к сердечно-сосудистой недостаточности, кроме того, повышенный уровень шума приводит к невозможности получения полноценного отдыха, вызывает преждевременную утомляемость человека, снижение работоспособности и увеличение числа ошибок в работе. В условиях работы на навигационном мостике повышенные уровни шума приводят к помехам при прослушивании внешних звуковых навигационных сигналов, что может привести к возникновению аварийных ситуаций. В связи с этим на 91-ой сессии Комитета по безопасности на море IMO в результате пересмотра Резолюции A.468(XII) от 19.11.1981г. была принята Резолюция MSC.337(91) «Кодекс по уровням шума на судах» от 30.11.2012г. Кодекс стал обязательным с 1 июля 2014 года и применяется к новым судам валовой вместимостью 1600рег.т и более. В нем устанавливаются международные стандарты в отношении допустимых предельных уровней шума от механических и электромеханических установок в местах проживания или отдыха экипажа, в районах дежурных и вахтенных постов, а так же процедуры по проведению измерений уровня шума и выдаче соответствующего акта освидетельствования. С целью придания Кодексу по уровням шума на судах обязательного статуса были приняты поправки к Конвенции СОЛАС в Резолюции MSC.338(91), которые тоже вступили в силу 1 июля 2014 года: введено новое правило II-1/3-12 «Защита от шума на судах». Это правило применяется к грузовым и пассажирским судам, контракт на постройку которых был подписан после 01.07.2014, или, при отсутствии контракта, киль которых заложен после 01.01.2015, либо для судов, которые вводятся в эксплуатацию с 01.07.2018. На уже существующих судах, Администрацией должны быть приняты все меры для уменьшения шума до уровней, предусмотренных Резолюцией MSC.337(91).

Резолюция MSC.337 (91) содержит ряд уточнений и дополнений. Например, введена глава 2 «Измерительная аппаратура», в которой выставляются более жесткие требования к измерительным приборам уровня шума. В главе 3 «Измерения» внесены дополнения по методам контроля и измерения воздушного шума, а так же выставлены требования к компетентности персонала, проводящего замеры уровней шума на судне: знания в области шума, умение использовать приборы для звуковых измерений и знание методов обработки результатов измерения. Кроме того, необходимо наличие документа о прохождение учебной подготовки по процедуре измерения уровней шума.

В главе 4 «Предельно допустимые уровни звукового давления» внесены изменения по величинам допустимых уровней звука, которые зависят теперь

от размера судна – от 1600 до 10000 р.т. либо свыше 10000 р.т. В таблице 1 приведены сравнительные величины предельно допустимых уровней звука на морских судах в соответствии с Резолюциями IMO A.468 (XII) и MSC.337(91).

Таблица 1. Предельно допустимые уровни звука в соответствии с Резолюциями IMO A.468 (XII) и MSC.337(91)

Наименования помещений и мест работы и отдыха	Предельные величины допустимых уровней звука L_A, дБА		
	IMO Резолюция A.468 (XII)	IMO Резолюция MSC.337(91)	
		Суда от 1600 до 10000 р.т.	Суда >10000 р.т.
Рабочие помещения:			
машинные отделения (с постоянной вахтой)	90	-	-
машинные отделения (без постоянной вахты)	110	110	110
пост управления машинным отделением	75	75	75
мастерские	85	85	85
остальные рабочие помещения	90	85	85
Навигационные помещения:			
ходовой мостик и штурманская рубка	65	65	65
посты прослушивания, включая навигационный мостик у окон и крылья	70	70	70
радиорубка (с работающим радиооборудованием, но не производящим акустические сигналы)	60	60	60
помещение радиолокатора	65	65	65
Жилые помещения:			
каюты и помещения госпиталя	60	60	55
кают-компании	65	65	60
помещения для отдыха	65	65	60
зоны отдыха на открытых палубах	75	75	75
конторы	65	65	60
Помещения пищеблока:			
камбузы при неработающем оборудовании	75	75	75
раздаточные и буфеты	75	75	75
Обычно не посещаемые помещения:			
остальные помещения	90	90	90

Анализ таблицы 1 показывает, что величины предельно допустимых уровней звука, приведенных в двух Резолюциях IMO, практически не отличаются кроме рабочих помещений, не относящихся к машинным отделениям

и мастерским, где уровни звука в соответствии с новой Резолюцией MSC.337 (91) должны быть на 5 дБА ниже. Помимо этого, Резолюция MSC.337 (91) содержит отдельные более строгие значения предельных допустимых уровней звука в жилых помещениях для судов с регистровой вместимостью более 10000 р.т.

В главе 5 «Ограничение воздействия шума» и в Приложении 2 «Руководство о включении вопросов по уровням шума в систему управления безопасностью на борту судна» приведены рекомендации по инструктажу моряков относительно опасности продолжительного воздействия высоких уровней шума и последствий воздействия шума на здоровье. Описан HML-метод, который позволяет сделать правильный выбор средств защиты органов слуха среди ушных протекторов с ослаблением уровня шума H=35дБ, M=30дБ либо L=20дБ, в зависимости от уровня шума и продолжительности его воздействия.

В главе 7 «Защита органов слуха и предупреждающие знаки» введены требования в местах с уровнем шума более 85 дБ обязательного использования соответствующих средств защиты слуха и/или должно быть ограничено время пребывания в этих местах. Так же запрещается находиться в местах с уровнем шума более 135 дБ. В главе определены типы предупреждающих надписей перед помещениями с различными уровнями шума, превышающими допустимые (таблица 2).

Таблица 2. Виды предупреждающих знаков у входа в помещения с повышенным уровнем шума

80-85 dB(A)	ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ ШУМА - ИСПОЛЬЗУЙТЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ СЛУХА
85-110 dB(A)	ОПАСНЫЙ УРОВЕНЬ ШУМА – ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ СЛУХА
110-115 dB(A)	ВНИМАНИЕ: ОПАСНЫЙ УРОВЕНЬ ШУМА - ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ СЛУХА – ТОЛЬКО ДЛЯ КРАТКОВРЕМЕННОГО ПРЕБЫВАНИЯ
>115 dB(A)	ВНИМАНИЕ: ЧРЕЗМЕРНО ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ ШУМА - ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ СЛУХА - ПРЕБЫВАНИЕ НЕ БОЛЕЕ ЧЕМ 10 МИНУТ

В Приложение 3 «Рекомендуемые способы борьбы с воздействием шума» добавлены рекомендации по прогнозированию на этапе проектирования ожидаемых уровней шума в тех частях судна, где особое внимание должно быть уделено мерам по снижению шума в целях соблюдения допустимых пределов уровней шума.

Также в Резолюцию MSC.337 (91) было добавлено новое Приложение 4 «Упрощенная процедура определения воздействия шума», где описывается расчет воздействия шума, позволяющий проанализировать и оценить его воздействие на каждого из членов экипажа в течение суток, в зависимости от

времени его местонахождения в различных судовых помещения в течение рабочего дня.

Таким образом, новые правила SOLAS II-1/3-12, требующие на вновь построенных судах уменьшить уровень шума на борту, обеспечиваются Резолюцией MSC.337 (91), в которой указаны предельные значения уровня шума для машинных отделений, диспетчерских и других помещений, даны рекомендации по контролю и обеспечению допустимых уровней шума, приведены методики расчета для оценки воздействия шума и выбора средств защиты слуха. Соблюдение и контроль за соблюдением выставленных требований при проектировании судов, после проведения ремонтных работ, после значительных изменений и модификаций судна, а так же при внесении изменений в оборудовании введенных в эксплуатацию судов, позволит обеспечить безопасные условия труда для моряков на борту судна.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Resolution A.468(XII) - Code on Noise Levels on Board Ships, 1981.

2. Resolution MSC.337(91) – Adoption of the Code on Noise Levels on Board Ships, 2012.

3. Resolution MSC.338(91) – Adoption of Amendments to the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as amended, 2012.

4. А. В. Варфоломеева, А. В. Безъязычный, С. В. Попков, А. В. Попов «Анализ методов контроля и нормирования уровней воздушного шума в обитаемых помещениях объектов морской техники». Материалы XXVII сессия Российского акустического общества, Санкт-Петербург,16-18 апреля 2014 г.

УДК 612.821:656.052.8

Голикова В.В.
Одесская национальная морская академия

Психофизиологические аспекты экологической безопасности нефтеналивных судов

Одной из основных тенденций развития морского транспортного флота является прогрессивный рост в его составе специализированных судов, предназначенных для перевозки наливных, навалочных и насыпных грузов, а также большегрузных контейнеров. Среди них по праву доминируют нефтеналивные танкеры, которые начали строить в последней четверти XIX века, а уже через 100 лет их удельный вес по количеству эксплуатируемых судов в составе мирового морского флота превысил 30%.

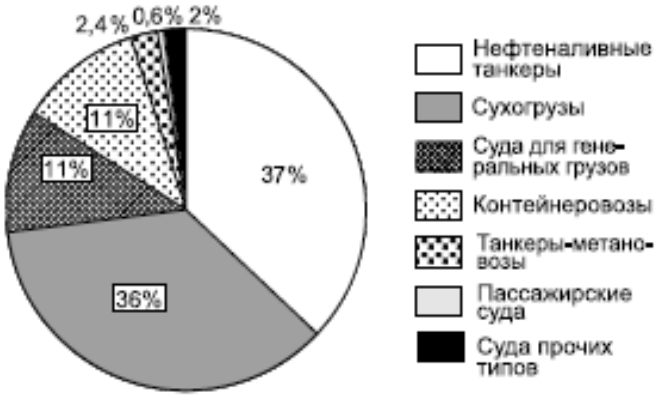


Рис. 1. Структура мирового морского флота (по дедвейту)

Поскольку перевозка нефти и нефтепродуктов танкерами по экономическим критериям уступает только трубопроводному транспорту, а по ряду показателей превосходит его, нефтеналивные танкеры доминируют среди судов данного типа, а работы по техническому совершенствованию и повышению всех видов безопасности не прекращаются до настоящего времени.

Эколого-гигиенические, токсикологические, психофизиологические исследования и их результативность отстают от технических, технологических и организационных решений в этой области, а основные требования в сфере медицины труда и экологической безопасности находятся по ряду важных показателей на уровне 80-х годов 20-го столетия. Анализ состояния проблемы, аварийности, разливов нефти в Мировом океане свидетельствует об актуальности исследований в этой области профилактической медицины, наличии ряда нерешенных вопросов, что негативно влияет не только на показатели здоровья моряков танкерного флота, но и на безопасность судоходства, защиту окружающей среды от загрязнения с судов.

Международная морская организация (ИМО) неоднократно обращалась к судовладельцам, судостроителям, Международной организации труда (МОТ) и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) с предложениями о необходимости принятия совместных действенных мер для сохранения здоровья моряков, охраны окружающей среды и безопасности мореплавания.

По данным доклада Международной федерации владельцев танкеров (МФВТ) за 2014 год аварийность нефтеналивных судов существенно уменьшилась: за отчетный год произошла практически только одна крупная авария с утечкой битума из танкера в Южно-Китайском море [1]. Этому способствовало введение действенного контроля: за перемещением судов, за техническим состоянием на всех этапах транспортировки, а также повышение ответственности членов экипажей за их действий, которые могли бы повлечь за собой нарушение в работе судовых систем и механизмов способствующие возникновению аварийной ситуации и т.п. Если в 1990-х годах произошло 358 разливов нефтепродуктов с судов в количестве более 7 т каждая, то в 2000-х годах только 179, а 2010-2014 гг. произошло лишь 35 таких разливов с выливом в окружающую среду 26 тысяч тонн, причём 90% из них пришлось на 9 случаев. Таким образом, по мнению МФТВ имеет место устойчи-

вая тенденция по поддержанию высоких стандартов по экологической безопасности на судах нефтеналивного флота.

Усиление и консолидация международных сил и средств не исключает, а подтверждает необходимость развития национальных морских спасательно-координационных центров обеспечивающих наличие и готовность необходимых и достаточных средств для поиска, и спасения терпящих аварию судов, в соответствии с конвенцией SAR-72 [2]. Это подтверждается многолетним анализом аварийных происшествий при перевозке нефтепродуктов специализированными судами.

Следует подчеркнуть, что хотя требования безопасности к танкерам регламентируются достаточно большим перечнем нормативных актов, в частности, правилами МАРПОЛ-73/78 [3] и СОЛАС-74 [4] с последующими поправками, существует определенный барьер между техническими и технологическими аспектами экологической безопасности этих объектов, и требованиями к компетентности и готовности судовых специалистов к действиям во внештатных и аварийных ситуациях. Именно такое рассогласование позволяет ″человеческому фактору″ фигурировать в качестве главного элемента последующего развития аварийных происшествий.

Перечень произошедших за последние полвека катастроф на море не оставляет сомнений в необходимости анализа причин их возникновения при эксплуатации таких опасных производственных объектов, как танкеры. Важность рассматриваемой проблемы обусловлена потенциальной опасностью морских судов и, в особенности, танкерного флота для членов их экипажа, окружающей природной среды, населения.

Таблица 1. Примеры крупных аварий морских танкеров.

Название танкера	Флаг	Аварийный разлив, тыс. т	Год аварии	Потерпевшая страна
«Торри Каньон»	Либерии	121	1967	Великобритания
«Си стар»	Южной Кореи	120	1972	Оман
«Уркуйола»	Испании	101	1976	Испания
«Гавайан Пэтриот»	Либерии	99	1977	США
«Амоко Кадис»	Либерии	228	1978	Франция
«Индепендента»	Румынии	95	1979	Турция
«Атлантик Экспресс»	Греции	276	1979	Тринидад и Тобаго
«Иренес Серенаде»	Греции	102	1980	Греция
«Кастельо де Бельвер»	Испании	256	1983	ЮАР
«Одиссей»	Либерии	140	1988	Канада
«Браер»	Либерии	85	1993	Великобритания

По данным Регистра Ллойда, который ведет статистику всего мирового судоходства, только в 1973–1990 гг. аварии танкеров случались 580 раз, причем значительная утечка нефти произошла в 370 случаях. Еще более наглядной иллюстрацией может служить рисунок 1, на котором показаны конкретные места аварий танкеров, имевших место с 1974 по 1989 г. Среди них было 16 аварий, из-за которых в море попало от 100 до 200 тыс. баррелей (нефтя-

ной баррель равен 159 л) нефти и нефтепродуктов, и 24 аварии еще более крупного масштаба. Названия некоторых супертанкеров, потерпевших аварии у берегов различных стран, приведены в таблице 1.

Главные источники нефтяного загрязнения морской и океанической среды (если исходить из годового сброса в размере 3–3,5 млн т) показаны на рисунке 2. Из него вытекает, что основной «вклад» в это загрязнение принадлежит морскому транспорту, прежде всего танкерному флоту, который перевозит примерно половину всей добываемой в мире нефти. Какое-то количество нефти обычно попадает в море при загрузке и разгрузке танкеров в портах. Еще большее количество – в результате слива балластных вод, мойки и очистки грузовых танков судна после рейса, остальное – при обслуживании танкера в доках и работе двигателя.

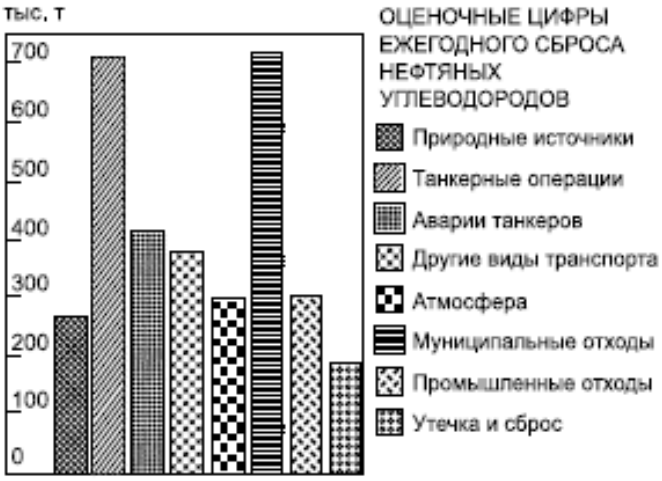


Рис. 2. Главные источники нефтяного загрязнения

Из других источников нефтяного загрязнения можно назвать поступление нефти и нефтепродуктов с суши вместе с муниципальными и промышленными отходами, а на шельфе – при разведке и добыче нефти, особенно в случае аварий на нефтяных платформах.

Но есть еще один источник нефтяного загрязнения, не отраженный на рисунке 1, – военные действия. В 1980–1988 гг. во время ирано-иракской войны более 150 танкеров получили повреждения, сопровождавшиеся разливами нефти. Еще более страшную экологическую катастрофу представлял собой преднамеренный сброс в Персидский залив 1,5 млн т нефти, предпринятый Ираком в начале 1991 г., во время оккупации Кувейта. Такой сброс по масштабам можно сравнить только с одновременной аварией нескольких супертанкеров.

Разные специалисты неоднократно предпринимали попытки картировать нефтяное загрязнение Мирового океана. Однако, как и оценки объема такого загрязнения, их карты различаются очень сильно. На рисунке 3 представлен один из «максималистских» вариантов такого картирования, но в целом он дает более или менее правильное представление об этом явлении.

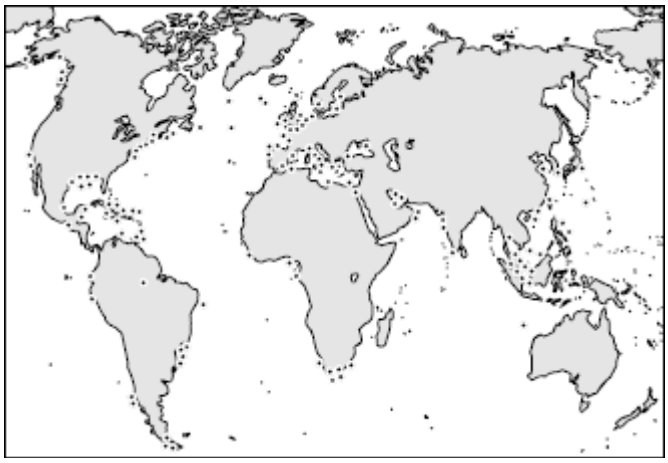


Рис. 3. Места крупных аварий танкеров в 1970—1980-х гг.

Пожалуй, наиболее загрязнен нефтью и нефтепродуктами Атлантический океан. У берегов Европы это объясняется добычей нефти в Северном море и массовым транспортированием нефти и нефтепродуктов по Средиземному, Северному и другим морям, а также по прилегающим акваториям Мирового океана. У побережья Африки такое загрязнение связано прежде всего с прохождением там основных трасс супертанкеров и с добычей нефти в Гвинейском заливе. У берегов Северной и Центральной Америки также проходят крупные нефтяные грузопотоки, а в Мексиканском заливе и Карибском море, кроме того, ведут ее добычу на шельфе. В открытой части Атлантического океана загрязнение в целом имеет менее устойчивый характер, однако повышенные скопления нефтяных углеводородов встречаются и здесь – на трассах танкеров и там, где проходят Канарское, Пассатные и некоторые другие океанские течения. Значительную часть этого океана покрывает нефтяная пленка, широко распространено и загрязнение нефтяными комками.

В Тихом океане нефтяное загрязнение наиболее велико у азиатского побережья, где ведут добычу нефти на шельфе и проходят дороги супертанкеров. У побережья Северной и Южной Америки оно немного меньше, а в открытой части океана образует отдельные очаги. И в этом океане течения способствуют распространению нефтяной пленки на новые акватории.

В Индийском океане наиболее загрязнена нефтью и нефтепродуктами та его часть, которая прилегает к Персидскому заливу – району добычи «морской нефти» и главному во всем мире району зарождения морских нефтяных грузопотоков. Из-за этих грузопотоков получают свою долю загрязнения восточное побережье Африки и прибрежные районы Южной и Юго-Восточной Азии.

В Северном Ледовитом океане нефтяное загрязнение значительно меньше, но тем не менее в некоторых морях (Гренландское, Бофорта) оно также имеет место.

Средний показатель нефтяного загрязнения Мирового океана составляет 5—10 мг/л. При более высокой концентрации многие рыбы уже не могут

существовать, а их икра, равно как и личинки ракообразных и моллюсков, погибают уже при концентрации 0,01—0,1 мг/л. Остается добавить, что в Мировом океане есть и такие зоны, где подобная концентрация достигает 50—300 мг/л [5].

Аварии танкеров могут быть вызваны техническими причинами – различного рода поломками, возникновением пожаров. Иногда на танкерах происходят взрывы («Кастельо де Бельвер» на рейде Кейптауна). Чаще танкеры попадают на рифы и камни («Амоко Кадис» в Бискайском заливе). А у южной оконечности Африки, где супертанкеры из Персидского залива, меняя курс, берут направление на Европу или США, причиной катастроф могут оказаться волны- «убийцы», высота которых достигает 20 м.

Согласно исследованиям ИМО, основными причинами аварий судов (84-88% аварий танкеров) и, соответственно, разливов нефти являются человеческий фактор и условия навигации.

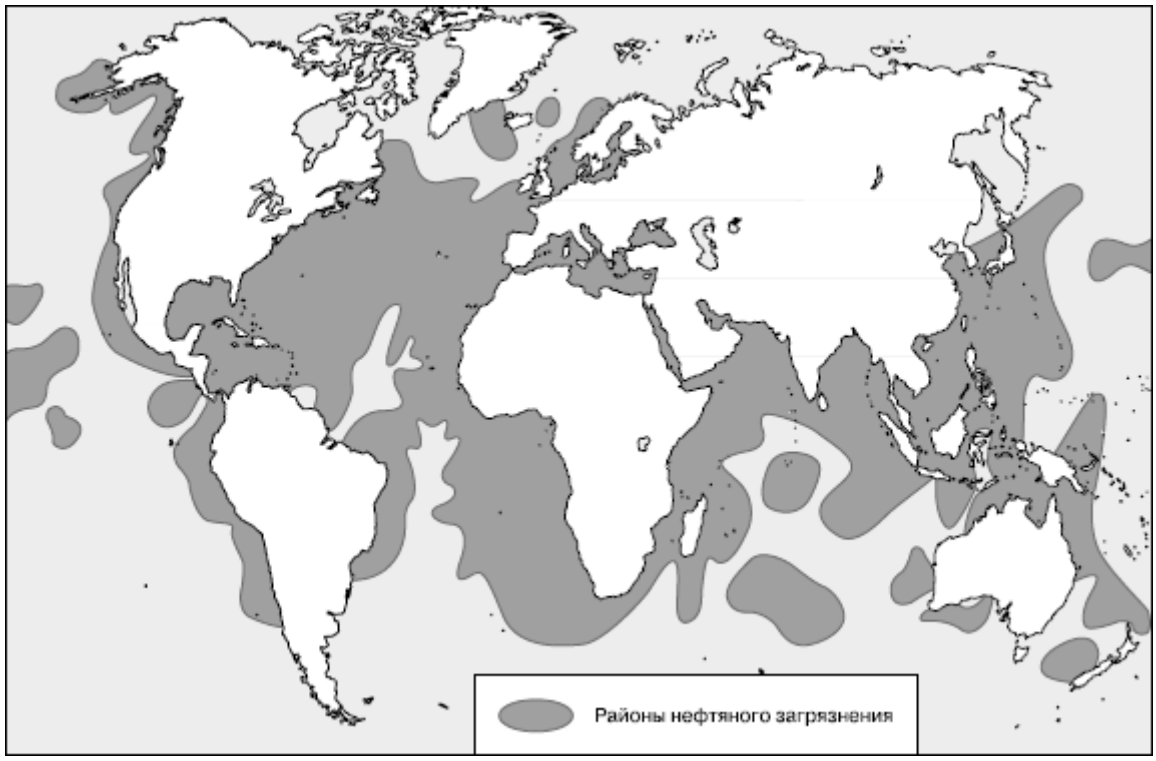


Рис. 4. Нефтяное загрязнение Мирового океана (по Ю. И. Мониной)

Типичным с этой точки зрения можно считать посадку на блайт-риф судна ″Эксон Валдэс″ у берегов Аляски 24 марта 1989 г, когда из 200 тыс. тонн находившийся в грузовых танках нефти, около 40 тыс. тонн попало в окружающую среду [6]. Капитан судна в опасной зоне передал командование 3 помощнику капитана и вахтенному матросу, которые перед началом 12-ти часовой вахты не имели возможности для хотя бы шестичасового отдыха после предыдущей вахты. Другими словами, речь идет об утомительной работе с высоким уровнем эмоционального напряжения и развития переутомления с

нарушением не только функций анализаторов нейровегетативной дисфункции, но и развитием охранительного торможения в коре головного мозга. Длительный психоэмоциональный стресс в данном случае усиливался за счет монотонии (работал авторулевой), длительным пребыванием в вынужденной позе (в положении стоя), что способствовало притуплению бдительности и снижению надежности судового оператора.

В состоянии утомления у специалистов занимающихся операторским трудом снижается эффективность контроля, при это не редко принимаются необоснованные решения. Последнее может быть прослежено на примере аварии танкера ″Волгонефть-139″ который переломился на две части в Керченском проливе 11.11.2007г. [7]. Капитан нейтрально отнесся к штормовому предупреждению оставаясь на якорной стоянке и не предпринял необходимых действий для отвода судна в укрытие. В результате его действий танкер потерпел крушение и 2000 тонн мазута было вылито в Черное море.

Выводы:

1) Экологическая опасность при эксплуатации танкеров остаётся одним из приоритетных вопросов в подготовке судовых экипажей повышении их профессиональной культуры и компетентности.

2) Рекомендации ИМО по предотвращению и борьбе с утомлением у занятых несением вахты несением ходовых вахт членов экипажей должны быть переведены в категорию обязательных требований в том числе к проведению предвахтенных осмотров моряков.

3) Необходимые дальнейшие исследования по объективизации методов контроля и индикации признаков утомления у плавсостава в рейсе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Oil Tanker Statistik 2014/ http://www.itopf.com/knowledge-resources/documents-guides/document/oil-tanker-spill-statistics/.
2. Т.Р. Короткий. Международно-правовая охрана морской среды от загрязнения с судов. Одесса, «Латстар», 2002 г. Международная Конвенция по поиску и спасанию на море 1979 г. (SAR-79) (Гамбург, 27 апреля 1979 г.).
3. Международная Конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973г., измененная протоколом 1978г. к ней (МАРПОЛ-73/78), Книги I и II, - СПб.: ЗАО "ЦНИИМФ", 2008 г.
4. Структура и содержание конвенции СОЛАС-74. – Одесса: ОНМА, 2011. – 25 с.
5. Максаковский В.П. Географическая картина мира. Кн. 1. Общая характеристика мира / В.П. Максаковский. – М.: Дрофа, 2008. -495 с.
6. Exxon Valdez Oil Spill. FAQs, Links, and Unique Resources at ARLIS. Updated March 24, 2014. – 17 p.
7. Голиков В.В. Национальная морская система поиска и спасения: монография / В.В. Голиков, В.Д. Репетей. –Одесса: ОНМА, 2013.-220 с.

УДК 556.1(042.3)

Асс. Крайнова В.И.
Одесская национальная морская академия

Проблема балластных вод и пути ее решения

Долгое время борьба за экологическую безопасность при эксплуатации водного транспорта была сфокусирована на очистке нефтесодержащих вод.

Однако в последние десятилетия сформировалось мнение, что из-за необратимого характера биологического загрязнения его последствия более разрушительны, чем у других видов загрязнений, в том числе аварийных разливов нефти

Технология перевозки грузов морским транспортом предусматривает наличие на борту судна определенного количества забортной воды. Некоторые типы судов (например, контейнеровозы) требуют постоянного наличия достаточно больших количеств балласта для регулировки посадки судна (крена и дифферента) в процессе рейса.

Естественно, в забортной воде могут содержаться различные живые существа – от бактерий и мелких водорослей до моллюсков, медуз и даже небольших рыб, то есть все, что может проникнуть на судно через заборники балластной воды и насосную систему. Кроме того, в забортной воде, используемой в качестве балласта, могут содержаться вредные для человека или природной среды водные организмы.

Эти живые существа попадают на борт судна в порту выгрузки, путешествуют вместе с судном на многие тысячи морских миль и сбрасываются за борт в порту погрузки. Такие организмы сохраняют способность к жизнедеятельности даже после продолжительных морских переходов. Сброс балласта, содержащего чужеродные для данного района организмы, может нанести ущерб рыболовству, местным кораллам, аквакультурным фермам и другим сферам деятельности, и даже стать причиной возникновения инфекций.

Международная конвенция по контролю и управлению балластными водами судов 2004 года от IMO была создана в результате растущих фактов ущерба от появления чужеродных водных организмов, и хотя ее разработка заняла долгие годы, ее ратификация близится.

Конвенция вступит в силу через 12 месяцев с момента ее ратификации 30 государствами, представляющими 35% мирового торгового тоннажа. Общее число стран, присоединившихся к Конвенции, на начало 2015 года достигло 44, что составляет 32,57% мирового тоннажа.

Доля в мировом тоннаже является наиболее важным показателем, так как остается несколько крупных судовладельческих наций, которые пока не ратифицировали соглашение. Чтобы конвенция вступила в силу остается дождаться подписания всего несколькими из них. В настоящее время все большее число стран и региональных властей требуют от судов, входящих в их воды, выполнить обмен балластными водами (BWE) как одно из условий получения разрешения на сброс балластных вод в портовых зонах.

Тогда как обмен балластными водами может стать общепринятой практикой для судов, работающих во многих портах и регионах, эта мера рассматривается IMO как временная мера по борьбе с инвазивными морскими организмами, и она будет заменена согласно плану конвенции.

Морская администрация и классификационные общества стран разрабатывают для ратификации конвенции национальные документы. Но, кроме того, необходимо подготовить судовую часть материалов. Например, на каждом судне должен быть судовой план управления балластными водами (Ballast Water Management Plan), определяемый правилом B1. План регулирует безопасное и эффективное применение систем управления балластными водами на конкретном судне с учетом особенностей технологии обработки воды и района плавания. По правилу B6 «Обязанности лиц командного состава и членов экипажа» план должен предусматривать обеспечение безопасности и подготовку членов экипажа. При планировании рейса необходимо получить информацию об особенностях порта назначения, а некоторые порты (в Индии, Турции, Новой Зеландии) требуют предварительных сведений и о судне (судовладельце). Безусловно, члены экипажа должны знать план, быть готовыми к его реализации, включая возможные нештатные (аварийные) ситуации.

Конвенция управления балластными водами, как и любой международный документ, выполняется странами, заинтересованными в интеграции, а при обеспечении экологической безопасности особенно важен региональный аспект. В международной практике судоходства существуют особо уязвимые районы: например, в восточной Балтике пересекаются интересы России, Эстонии, Латвии, Литвы, Финляндии, Польши, Германии, Швеции; в Черноморском бассейне — России, Болгарии, Грузии, Румынии, Турции, Украины. Подобные районы есть в Азии и на Ближнем Востоке.

Как известно, причиной аварийных ситуаций на транспорте в 80% случаев является человеческий фактор, поэтому важным условием успешного внедрения конвенции является качественная подготовка экипажей судов. Соблюдение этого условия — общее дело судовладельцев и учебных заведений.

Требования к судам в части выполнения конвенции будут применяться с учетом их особенностей функционального назначения и сроков постройки.

Для судов, не используемых в коммерческой деятельности, введут исключения. Начало внедрения систем полной обработки балласта будет определяться сроками постройки.

Ранее схема обращения с балластом на судах была проста: прием в порту выгрузки, откачка перед портом погрузки или непосредственно в порту из танков чистого балласта. С ратификацией конвенции морские суда постройки 2012 г. и позже должны будут обрабатывать весь объем балластной воды. Предусмотренный конвенцией переходный период заканчивается в 2016 г.

В настоящее время все большее число стран и региональных властей требуют от судов, входящих в их воды, выполнить обмен балластными во-

дами (BWE) как одно из условий получения разрешения на сброс балластных вод в портовых зонах.

Тогда как обмен балластными водами может стать общепринятой практикой для судов, работающих во многих портах и регионах, эта мера рассматривается IMO как временная мера по борьбе с инвазивными морскими организмами, и она будет заменена согласно плану конвенции.

Для большинства судов более 400 гросс-тонн введение принципов конвенции, так или иначе, потребует установки систем обработки балластных вод, утвержденных IMO. Эти сложные и дорогие устройства способны осуществить сепарацию и физическое уничтожения планктона и бактерий, содержащихся в балластных водах, прямо на борту суда, снизив их содержание до допустимых границ, определенных в конвенции.

Правила конвенции уже требуют от определенных судов, построенных в 2009 или позже, быть оснащенными такими системами. В намерениях остается оснащение всех мировых судов к 2016 году.

При выборе метода обработки балласта всегда следует помнить, что он должен отвечать следующим критериям:

- он должен быть безопасным;
- он не должен наносить вред окружающей среде;
- он должен быть экономичным;
- он должен быть эффективным.

В запатентованных балластных системах для предварительной очистки преимущественно используется непрерывное расщепление (фильтрация).

Кроме того, в большинстве случаев предусмотрено также ультрафиолетовое облучение. Такие системы не требуют корректировки эксплуатационных режимов судна. Качество обработки обеспечивается двухступенчатой очисткой — при приеме и удалении балласта.

Другое эффективное и надежное решение основано на отделении твердых частиц и ультрафиолетовой обработке воды. Система использует существующие балластные насосы и трубопроводы. Преимущество здесь заключается в многовариантности размещения элементов системы на судне и опыте компании по оснащению судов подобными системами с 2000 г.

Многие производители используют технологии, основанные на технологиях очистки вод на суше, тогда как другие представляют более инновационные решения, например, использование инертных газов и химических биоцидов. На настоящий момент установлено, достаточно мало систем на суда, так что оценить их работоспособность пока не представляется возможным.

Балластные воды должны соответствовать стандартам качества Международной конвенции о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими 2004 года.

1.Суда, осуществляющие управление балластными водами в соответствии с настоящим правилом, сбрасывают менее 10 жизнеспособных организмов на один кубический метр, минимальный размер которых равен 50 мик-

рометрам или более, и менее 10 жизнеспособных организмов на один миллилитр, минимальный размер которых менее 50 микрометров и равен 10 микрометрам или более; при этом сброс индикаторных микробов не превышает установленных концентраций, описанных в пункте 2.

2. Индикаторные микробы, как стандарт здоровья человека, включают:

1 токсикогенный вибрион холеры (O1 и O139) с менее чем 1 колониеобразующей единицей (кое) на 100 миллилитров или менее 1 кое на 1 грамм (сырого веса) образцов зоопланктона;

2 кишечную палочку - менее 250 кое на 100 миллилитров;

3 кишечные энтерококки - менее 100 кое на 100 миллилитров.

Сертификация чистого балласта – заключается в получении судном лабораторного сертификата в порту приема балласта. В таком сертификате должно оговариваться, что в судовом балласте отсутствуют водные организмы, которые могут быть опасны в порту сброса. Очевидно, что не может быть достаточно эффективным.

Сохранение балласта на судне в течение длительного времени – в воде, которая, находится в судовых танках более 100 суток, практически все водные организмы погибают ввиду отсутствия света и высокого содержания железа в воде. Однако абсолютное большинство судов не имеет возможности сохранять балласт на борту в течение более чем трех месяцев.

Выбрав систему, ее достаточно несложно установить на строящееся судно в судостроительной верфи, так как проектировщики смогут запланировать этот процесс в фазах строительства.

Однако, было оценено, что вслед за ратификацией конвенции в ближайшие годы, будет около 50 000 судов и других плав-средств, в которых придется устанавливать системы обработки балластных вод. Текущее состояние мировых судостроительных верфей и заводов не может обеспечить этот спрос, и судовладельцы, которым потребуется установка, могут оказаться перед необходимостью ждать доступного завода в течение длительного времени.

И вот, когда система уже установлена (возможно, со значительными затратами), может оказаться, что основные проблемы еще впереди.

Этой проблемой окажется практическая эффективность оборудования и его способность обеспечить полное соответствие требованиям конвенции под пристальным надзором офицеров страны флага, портовыми властями и другими уполномоченными органами.

Чтобы получить сертификацию от IMO система обработки балластных вод должна пройти серию тестов на суше и на судне, у которых есть определенный набор критериев соответствия экологическим условиям. Тогда как представляется возможным определить эффективность системы с определенной точностью в контролируемых, почти лабораторных условиях во время процедуры получения разрешения, в реальности работа системы может оказаться совсем другой.

Существуют определенные рекомендации по методам тестирования, нет определенного общего протокола, который должен быть использован на уровне портов, чтобы определить, соответствуют ли критерии обработки балластных вод определенным судном стандартам конвенции. Продолжается дискуссия относительно того, как достичь максимального соответствия судов требованиям соглашения. Сюда относятся такие фундаментальные вопросы, как методы взятия проб и то, должны ли пробы быть выборочными или сплошными.

Поэтому, еще как минимум десять лет смена балласта в открытом море будет оставаться основным способом решения проблемы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конвенция (Ballast Water Management Convention – BWM-2004)
2. Международная конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими, 2004 г, – СПб.: ЗАО ЦНИИ МФ, изд.2005г – 120 с.
3. Резолюция МЕРС.252(67) «Руководство по контролю судов государством порта согласно конвенции УБВ» от 17.10.2014

УДК 621.431.004.13-57

Мамкичев Н.А.
Одесская национальная морская академия

Основные причины поражения экипажей газовозов в порту

В вопросе транспортировки сжиженных газов морским транспортом тесно переплелись проблемы политики и экономики, международных отношений и внешней торговли, сельского хозяйства и промышленных технологий, мореплавания и социологии, а также проблемы безопасности и защиты окружающей среды [1].

Надёжность транспортировки сжиженных газов морем зависит от безопасного мореплавания и эксплуатации судна, его грузосодержащих систем, а так же от чёткого соблюдения правил грузообработки таких судов и высокой степени надёжности систем грузообработки.

Последствия аварий газовозов для экипажа и окружающей среды в десятки раз значительнее, чем последствия аварии любого другого судна. Даже сравнительно небольшой выброс газов может оказать отрицательное воздействие на окружающую среду и жизнедеятельность человека.

Безопасность танкера-газовоза лишь в минимальной степени должна зависеть от работы систем,связанных с переработкой груза [1].

Оценить уровень риска судна можно учитывая:

- условия и безопасность погрузочно-разгрузочных работ;
- условия и безопасность транспортировки сжижённого газа;

- общепринятый уровень безопасности мореплавания;
- статистические данные столкновения судов и посадке их на мель;
- требования квалификационных обществ по обеспечению безотказности судовых систем.

Попытаемся оценить степень риска попадания танкера-газовоза, находящегося в порту Южный или вблизи него, в зону заражения при аварийной ситуации, учитывая при этом условия и безопасность погрузочных работ и транспортировки сжижённого газа, т.е. уровень риска повреждения грузосодержащих систем и конструкций судна, а также систем грузообработки судна, т.к. других аварийных ситуаций в порту Южный и вблизи него не отмечалось. Данные же мировой статистики показывают, что 75 % аварий крупнотоннажных наливных судов приходится на подходы к портам, маневрирование на акватории порта и грузовые операции [2].

По зарубежным данным [3] вероятность разлива сжижённого газа, в порту Нью-Йорк, составляет 1,5 х 10-7, а при 50 рейсах в год вероятность разлива сжижённого газа составит уже 7,5х10-6, при этом уровень риска при критическом повреждении грузосодержащих систем и конструкций, систем грузообработки судна должен быть ниже, чем уровень риска всего судна в целом, и составлять 5 % последней величины.

Т.е. безопасность газовоза в минимальной степени должна зависеть от работы систем, связанных с переработкой и транспортировкой груза.

Уровень риска грузосодержащих систем и конструкций должен составлять не более 1×10^{-7}. Допустимый уровень риска для грузосодержащих систем и конструкций составляет $7{,}5\times10^{-6}\times0{,}05 = 3{,}75\times10^{-7}$.

Вероятность посадки газовоза на мель в течение одного рейса составляет $2{,}0\times10^{-7}$, а уровень риска повреждения изоляции грузосодержащих систем $1{,}0\times10^{-7}$.

Смертельные случаи на газовозах встречаются с вероятностью, равной $1{,}0\times10^{-3}$ в год.

Частота серьёзных аварий на газовозах к числу дней, в течение которых осуществляется перевозка сжижённых газов морем, составляет примерно $8{,}7\times10^{-3}$.

Частота потерь газовозов исчисляется подобным образом и составляет около $1{,}3\times10^{-3}$.

Значит, при общей надёжности газовоза 0,995, уровень риска 5×10^{-4}, при 20-тилетней эксплуатации судна {принято в мире} ежегодный риск для судна $5\times10^{-4}/20 = 2{,}5\times10^{-5}$.

Очевидно, что вероятность аварий газовозов определяется произведением условных вероятностей, таких, как вероятность пролива груза, вероятность выброса облака паров груза и его возгорания.

В процессе эксплуатации газовозов неоднократно наблюдались случаи опасного для жизни увеличения концентрации паров грузов в окружающей судно воздушной среде [3].

Условно рейс газовоза можно разделить на этапы, в период которых жизни экипажа может угрожать опасность отравления различной степени:

1. Подход судна к порту погрузки, швартовка к причалу (судно в идёт в балласте с охлаждёнными не дегазированными танками).
2. Дегазация танков при смене груза или проведении ремонтных работ.
3. Стоянка судна в месте погрузки.
4. Погрузка судна.
5. Отход от причала, выход из порта погрузки с грузом на борту.
6. Переход с грузом на борту.
7. Подход судна к порту выгрузки, швартовка к причалу.
8. Стоянка судна в месте выгрузки.
9. Выгрузка судна.
10. Переход в балласте с охлаждёнными танками.

Мировая статистика и оценка уровня риска аварий па танкерах газовозах говорит о том, что наиболее опасный этап - судно на подходе к порту, маневрирование на акватории порта и грузовые операции.

Опасность для жизнедеятельности экипажа судна в этот период различна и зависит от множества причин.

Поражение экипажа может быть следствием аварий:

* на производстве, на аммиакопроводе или хранилище;
* на аммиакопроводе;
* системы погрузки;
* танков или грузосодержащих систем судна;
* при производстве дегазации (из постоянно действующих причин заражения - наиболее сильное)на стоящих в порту и на рейде судах.

Проанализировав данные аварийных ситуаций в период рейса танкера-газовоза и поражения экипажа приходим к выводу, что их основными причинами являются:

1. Человеческий фактор:

- низкая подготовка экипажа к борьбе за живучесть судна;
- низкая профессиональная подготовка экипажа и докеров;
- нарушения техники безопасности членами экипажа и докерами;
- халатное выполнение ими своих служебных обязанностей;
- низкий контроль за техническим состоянием конструкции судна и его грузосодержащих систем, погрузочных стендеров и транспортных систем и устройств;
- недостатки организации транспортировки сжиженных газов к месту погрузки, грузовых операций и связанных с этим мероприятий, а также их перевозки.

2. Конструктивные недостатки:

низкая степень герметизации корпуса судна;

- низкая степень безопасной эксплуатации погрузочных стендеров и транспортных систем и устройств а также судового производственного оборудования;
- несовершенство инженерных решений, технологических процессов и плохая герметичность погрузочных стендеров и транспортных систем и устройств, а также конструкции газовоза и судового производственного оборудования;
- низкая экологическая чистота и недостаточная надёжность конструкции погрузочных стендеров и транспортных систем и устройств, а также конструкции и всех грузосодержащих систем газовозов;
- выделение вредных веществ от вторичных источников;
- отказ техники;
- техника не отвечает требованиям ИМО или Администрации;
- низкая степень оснащённости судна коллективными и индивидуальными средствами защиты;
- низкая степень оснащённости судна качественными сигнализирующими системами, реагирующими на повышение концентрации вредных веществ;
- отсутствие автоматических систем дегазации и вентиляции жилых и рабочих помещений, а так же систем дегазации корпуса судна и воздушного пространства вблизи судна.

3. Недостаточное обеспечение безопасности мореплавания:
- низкий контроль за навигационной обстановкой в море, при подходе к порту, движением в акватории порта, при швартовке судна;
- нарушение правил мореплавания, рекомендаций для входа в порт и движения судна в порту.

4. Попадание судна в заражённую зону в результате аварии на береговых хранилищах, производственных мощностях по производству вредных веществ, а также находящихся поблизости газовозах.

Кроме этого, для определения степени опасности экипажа танкера-газовоза находящегося на подходе к порту, осуществляющего маневрирование на акватории порта или грузовые операции в порту, огромное значение имеют эти же факторы, отнесённые к порту и обслуживающим его людям, а также другим газовозам, находящимся поблизости.

Степень поражения экипажа при авариях зависит от различных факторов, среди которых главенствующую роль играют:
- метеоусловия;
- степень оснащённости судна высоко качественными сигнализирующими системами большой разрешающей способности и диапазона измерения, реагирующими на незначительное повышение концентрации различных токсичных веществ;
- степень оснащённости судна высоко качественными автоматическими системами дегазации и вентиляции жилых и рабочих помещений, корпуса

судна и воздушного пространства вблизи судна, имеющими минимальное время запаздывания;

- степень герметизации корпуса судна;
- степень оснащённости судна коллективными и индивидуальными средствами защиты;
- степень готовности экипажа к борьбе за живучесть судна;

Особо необходимо отметить необходимость готовности к борьбе за живучесть судна и проблемы стоящие по её организации и проведению, так как от этого во первых напрямую зависит тяжесть последствий поражения экипажа, а во вторых сами члены экипажа усиленными тренировками и проведением учений могут максимально снизить последствия аварии.

Необходимость готовности к борьбе за живучесть судна и проблемы стоящие по её организации и проведению можно разделить на:

- Психологические.
- Организационные.
- Тактические.
- Конструктивные.
- Технические.

Выводы:

1. Наибольшая опасность для экипажа судна приходится на период стоянки судна в порту или на рейде, вблизи от места стоянки других газовозов, погрузочного терминала и производственных мощностей.
2. Техника производства, подачи, хранения, погрузки (выгрузки), перевозки вредных веществ, а также контроль за их концентрацией в воздухе далеки от совершенства, анализ утечек и аварийных ситуаций проводится поверхностно, а профилактические меры проводятся формально;
3. Система контроля за чистотой воздуха не отвечает современным требованиям не по качеству измерения, не по реагированию на изменение состава воздуха, не по пределам измерения;
4. На газовозе должна быть чувствительная система обнаружения изменения состава воздуха, система сигнализации, система автоматической дегазации и система вентиляции, при этом время срабатывания этих систем должно быть минимальным.
5. Экипаж газовоза в любое время должен быть готов к борьбе с опасной концентрацией вредных веществ в воздухе, а так же к борьбе за живучесть судна.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.К. Козырев. Морская перевозка сжиженных газов. Москва. Транспорт. 1986 г.

2. Л. Гнатюк. Статья “Реальность и ложное благополучие”. Газета “Вечерняя Одесса” от 23 октября 1989 года автор

3. Суда газовозы. В.В. Зайцев, Ю.Н. Коробанов. Ленинград. Судостроение. 1990г.

4. Штаб ГО СССР. Авария на производственном объединении “Азот” г. Ионава Литовской ССР и её уроки для гражданской обороны. Г. Москва. 1989г

5. Международная Конвенция по предотвращению загрязнения моря с судов 1973 г., изменённая протоколом 1978 г. к ней - МАРПОЛ-73/78 (МАРПОЛ -73/78).

6. Международная Конвенция морского опасных перевозки грузов (МК МПОГ) со всеми приложениями и поправками.

7. Международный кодекс по постройке и оборудованию судов, перевозящих сжиженные газы наливом - ИОНХ-код.

УДК 656.61.052

Тарасенко Т.В.
ЧАО «Украинское Дунайское пароходство»

Дальнейшие шаги Комитета по защите морской среды IMO по улучшению показателей энергоэффективности в международном морском судоходстве

Комитет по защите морской среды (the Marine Environment Protection Committee – MEPC) Международной морской организации (the International Maritime Organization – IMO, ИМО) провел 67-ю сессию 13-17 октября 2014 года в своей штаб-квартире в г. Лондон (Великобритания), на которой представил обновлённые оценки выбросов парниковых газов с судов в международном морском судоходстве, а также утвердил Третий отчет по исследованию выбросов парниковых газов (the Third IMO GHG Study 2014) [1].

По данным, приведённым в отчёте, на долю международного морского судоходства в 2012 году приходилось 796 млн. т (2,2 % мировых выбросов) двуокиси углерода (CO2) против 885 млн. т (2,8 %) в 2007 году. Отмечая это как позитивный факт, тем не менее считается, что будущие экономические и энергетические разработки неминуемо приведут к росту выбросов CO2 на 50 – 250 % в период до 2050 года. Поэтому актуальными остаются мероприятия по улучшению показателей энергоэффективности, а также дальнейшее изучение и развитие вступивших в силу с 1 января 2013 года требований в соответствии с главой 4 Приложения VI к МАРПОЛ.

Комитет MEPC продолжает свою работу по дальнейшей разработке руководящих принципов с целью достижения единообразного применения положений по энергоэффективности для судов. В ходе 67-й сессии принято обновлённое Руководство по надзору и сертификации конструктивного индекса энергоэффективности EEDI, включающее, например, указания к опреде-

лению первичного топлива для расчета достигаемого EEDI – EEDIattained – для судов, оснащенных двухтопливными двигателями, использующими сжиженный природный газ и жидкое нефтяное топливо. Внесены поправки к Временным руководящим принципам определения минимальной мощности силовой установки для поддержания управляемости судов в неблагоприятных условиях для их применения к 1-й фазе требований к EEDI (с января 2015 года). Поправки приняты для Приложения VI к Конвенции МАРПОЛ в части Правила 2 (Определения), Правила 13 (оксиды азота NOx) и Дополнения к Международному свидетельству о профилактике загрязнения воздуха (IAPP Certificate), с целью учета эмиссии CO2 двигателей, в которых в качестве топлива используется газ.

С целью пересмотра статуса технологических разработок, ведущихся в рамках реализации 2-го этапа действующего нормативно-правового регулирования показателей энергоэффективности работает специальная корреспондентская группа (требование Правила 21.6 Приложения VI к Конвенции МАРПОЛ пересмотреть в начале фазы 1 статус технологических разработок и, если доказана необходимость, изменить сроки, а также значения показателей энергоэффективности и темпов их снижения для соответствующих типов судов).

Кроме того, Комитет планирует разработку и многоязычное описание системы сбора судовых данных о расходе топлива, которая будет применима в качестве добровольной или обязательной. В качестве основных элементов системы сбора данных приняты: сбор данных по судам, а также функции государства флага в отношении сбора данных и создания централизованной базы данных ИМО.

В докладе обобщаются и приводятся более побробно все намеченные планы Комитета по защите морской среды ИМО по улучшению показателей энергоэффективности в международном морском судоходстве

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Third IMO GHG Study 2014 [Электронный ресурс]. – IMO, 2014. – 331 p. – Режим доступа: http://www.iads.org/wp-content/ uploads/ 2014/02/ MEPC- 67-6-INF3-2014-Final-Report-complete.pdf.

2. Haun, Eric. MEPC Makes Progress on Energy Efficiency, Emissions [Электронный ресурс] / Eric Haun. – Режим доступа 29.10.14 г.: http://www. marinelink. com/news/efficiency-emissions379508.aspx.

3. MEPC 60/4/35. Prevention of Air Pollution from Ships, Mandatory EEDI requirements. - Draft text for adding a new part to MARPOL Annex VI for regulation of the energy efficiency of ships.

УДК 627.41

Доц. Копейка П.И., ст. преп.Чабан Е.Х.
Одесская национальная морская академия

Гашение поверхностных морских волн полупроницаемыми горизонтальными экранами

Характерным явлением для морских берегов является прогрессирующее их разрушение под воздействием штормового волнения.

В мировой практике морского гидротехнического строительства важнейшей задачей считается изыскание эффективных конструкций волногасящих гидротехнических сооружений.

В настоящей работе проведено экспериментальное и численное исследование гашения морских поверхностных волн полупроницаемыми горизонтальными экранами, которые установлены над невозмущенной поверхностью моря.

Полупроницаемый экран – это поверхность с односторонней проницаемостью, через которую жидкость может протекать только в одну сторону, и не может протекать в другую сторону.

Устройство работает следующим образом:

а) при подходе гребня волны к полупроницаемому экрану, ее гребень открывает форточки экрана и жидкость свободно поднимается над полупроницаемым экраном снизу вверх;

б) при подходе впадины волны форточки полупроницаемого экрана закрываются под действием силы тяжести и не пропускают жидкость над экраном сверху вниз, что приводит к потере потенциальной энергии жидкости под экраном и существенному уменьшению амплитуды волны.

Экспериментальные исследования гашения волн полупроницаемыми экранами проводились в гидродинамическом лотке ОГАСА.

Полупроницаемый экран состоял из решетки 0,5*1 м, накрытой сверху резиновыми клапанами, которые могли пропускать воду только в одном направлении снизу – вверх.

Волновой процесс фиксировался на видеокамеру с последующей обработкой записанного материала.

Описанное устройство по защите береговых и морских сооружений защищено патентом Украины на полезную модель № 90357 и опубликовано в Бюл. № 10 ведомостей про выдачу патента 26.05.2014 г.

Моделирование процесса гашения волн выполнено в двумерной нестационарной постановке. Уравнения движения жидкости записываются в следующем виде:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial u_x}{\partial t} + u_x \dfrac{\partial v_x}{\partial x} + u_z \dfrac{\partial v_x}{\partial z} = F_x - \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial x}; \\ \dfrac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \dfrac{\partial v_z}{\partial x} + v_z \dfrac{\partial v_z}{\partial z} = F_x - \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial z}; \\ \dfrac{\partial v_x}{\partial x} + \dfrac{\partial v_z}{\partial z} = 0. \end{cases}$$

Это система трех уравнений с тремя неизвестными v_x, v_z - проекции скорости и p - давление.

Система дополняется граничными условиями:

а) на дне нормальная (перпендикулярная к поверхности дна) составляющая скорости должна быть равна нулю;

б) на полупроницаемом экране ставится условие односторонней проницаемости, то есть, если нормальная составляющая скорости больше нуля (нормаль к экрану направлена вверх) выполняются условия свободного протекания, если нормальная составляющая скорости меньше нуля – выполняются условия не протекания;

в) На поверхности жидкости давление частиц принимало постоянное значение, равное атмосферному.

Начальное возмущение жидкости задавалось на левом конце области.

Полученная система уравнений решалась численно и результаты получены в виде таблиц измерений v_z, v_z, p от переменных x и z для различных временных уровней.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Взаимодействие между компонентами экологических систем.// Сборник работ.
2. Изд. Казанского ун-та. - Казань, 1985. - 191 с.
3. Базелян В.Л., Коломейченко Г.Ю., Мишнаевский М.С. Комплексный биомониторинг водных экосистем северо-западного шельфа Черного моря // Тез. докл. Все- союз. научно-практ. конф. - Пути уменьшения антропогенного воздействия на природные курортные ресурсы. - Киев-Одесса, 1990. - С. 13.
4. Мишнаевский М.С., Базелян В.Л. Эколого-микробиологические исследования на шельфе северо-западной части Черного моря. - Мікробіологічний журн., 1994, 56, №1.-С. 83.
5. Коваль Л.Г., Досовская Г.В., Настенко Е.В., Теплинская Н.Г. Формирование трофических связей водных сообществ акваторий зоны берегозащитных сооружений. - Научн. докл. высшей школы. Биолог, науки, № 12, 1976. - С. 36- 40

УДК 519

Голиков В.А , Губский А.Г.
Одесская национальная морская академия

Сценарный метод управления ситуациями при плавании в пиратских районах

Плавание судов в районах высокой активности пиратства и разбоя представляет реальную угрозу жизни людей и материальных потерь. При пиратской угрозе управление судном и экипажем приобретает неадекватный ситуационный характер. Существующие методы и приемы управления судном, использующие физикализм и теорию жестких систем, оказывают воздействие исключительно на характер процесса движения. В то время как характер поведения экипажа, в зависимости от стратегии и тактики пиратов, носит декларативную (рекомендательную) направленность.

Вместе с тем, как отмечает М.З. Згуровский [1], условия вызовов и угроз вынуждают осуществлять предвидение (прогноз) на объективных основаниях хотя бы в виде приближенных сценариев того, что будет или может произойти. Это необходимо для формирования рациональной и безошибочной стратегии (ситуации) развития благоприятных для безопасного плавания событий. Сценарный метод является элементом системных исследований проблем безопасности, суть которого заключается в организации информационного и ресурсного взаимодействия экипажа с силами противодействия пиратству, а также внутрисудовую мобилизацию по противодействию пиратскому нападению.

Сценарий выглядит в виде относительной картины возможно развития событий с целью изучения причинно-следственных связей и тех моментов развития событий, которые требуют принятия решений [2]. Сценарий должен удовлетворять следующим требованиям: поэтапность ситуаций; наличие альтернативных решений на каждом этапе развития событий; существование апробированных способов влияния на ситуационный процесс.

Управление такими чрезвычайными ситуациями осуществляется на основе декомпозиции угрожающего процесса на конечное число типовых физикалистских (детерминированных) сцен с последующим формированием алгоритма перехода с одной сцены на другую [3].

В сценарном понимании чрезвычайная ситуация представляет специфический динамический процесс (акт), фазовые (этапные) изменения которого при агрегатизированном описании принимают значение «сцена», а сложенный из этих сцен сценарий называют траекторией.

Цель сценарного (ситуационного) управления является выбор и конструктивная реализация благоприятного (оптимального) сценария для вывода объекта (судна) из состояния чрезвычайной ситуации при наступлении неблагоприятного события с минимальными потерями.

Для разработки алгоритмов оптимизации управления используются математические конструкции, основными блоками которых являются: катаст-

рофа (события), описываемая сценами: сцены с операторами, которые связывают текущее состояние сцены, включая начальные условия и регулирующие воздействия; границы сцены с прилегающими к ней границами других сцен, которые описываются уравнениями или логическими операторами и могут зависеть от факторов управления; трансформация сцены – последовательная связь предыдущей сцены с последующей; сценарий – определяется начальными условиями первой угрожающей сцены события и управляемыми и неуправляемыми воздействиями на угрозу в процессе ее развития.

Сценарий уклонения судна от пиратского нападения может иметь по крайней мере две траектории: обход пиратоопасной области и уклонение от встречи на максимальной или заданной дистанции. В первом типе сценария при планировании пути перехода учитываются события (сцены) связанные с уклонением судна от «жестких» навигационных ограничений, проходом узкостей и каналов. В процессе реализации перехода судна по запланированной траектории движения целесообразно учесть дополнительные «гибкие» ограничения в виде погодных условий. Реакция оператора/ов, участвующих в сценах, находится в рамках обычной морской практики.

Во втором виде сценария для пересечения судном пиратоопасного района следует заранее зарезервировать силы и средства (охрану, конвоирование, отпугивающие средства, связь с антипиратскими центрами и т.д.), т.е. провести предварительную специальную подготовку судна к переходу. При пересечении пиратоопасного района необходимо усилить наблюдение за навигационными объектами или опасными событиями для своевременного уклонения от обнаруженной, идентифицированной и наблюдаемой опасности. После, наступления такого события планируется маневр уклонения судна от цели на дистанции обнаружения. Если событие усиливается и цель сокращает дистанцию, необходимо от нее удаляться от ее с максимальной скоростью в направлении обратного истинного пеленга на цель. При обнаружении преследования быстроходными маломерными плавсредствами для противодействия высадке пиратов целесообразно использовать резонансный эффект от системы собственных корабельных волн, сочетая их с маневром симметричный зигзаг.

С наступлением факта (сцены) высадки пиратов на борт судна наступает реализация дополнительного сценария – отражения атаки пиратов силами экипажа и охраны с использованием фортификационных сооружений типа «цитадель» и просьбой об оказании помощи силами антитеррористических операций.

Выводы.

Использование сценарного метода управления событиями в неадекватных условиях плавания при планировании возможных траекторий движения и управлении ситуациями позволяет оператору не только наблюдать за развитием события, но и организовать коллективное синергетическое управление противодействием нападению по мере его нарастания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Згуровський М.З. системна методологія передбачення [Текст] / М.З. Згуровський. – К.: Politehnica, 2001. – 45 С.
2. Величенко В.В. К проблеме управления катастрофами [Текст] / В.В. Величенко // Доклады РНН. – 1996. – 349, №6. – С. 732-735.
3. Качинський А.Б. Засади системного аналізу безпеки складних систем / А.Б. Качинський. – К.: ЕВРОАТЛАНТИК ІНФОРМ, 2006. – 336 С.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

УДК 629.12.004.5

Проф.Горб С.И., доц. Каменева А.В.
Одесская национальная морская академия

Серверная частЬ приложения для организации технического менеджмента судов

Одной из особенностей технического менеджмента в судоходной компании является территориальнаяудалённость объектов управления (судов) от офиса компании [1]. Для того чтобы управление удалёнными объектами было оперативным, офис должен иметь доступ к данным каждого судна в сети так, как будто они находятся на его собственном узле. Только в этом случае офис сможет адекватно реагировать на ситуации, происходящие на судах, и быстро вырабатывать управленческие решения. С учётом изложенного предполагается территориальная распределённость узлов, соединённых с помощью локальной (ЛВС), а чаще глобальной сетей (ГВС).

Проблема организации системы состоит в том, что коммуникационные сети пока остаются медленными и не всегда доступными на судне, а спутниковая связь – дорогой. Поэтому возникает задача – минимизировать количество и объем передаваемых сообщений.

Все узлы в системе технического менеджмента в компании должны рассматриваться как равные. Поэтому, в частности, не должно быть никаких обращений к центральному, или главному, узлу для получения некоторой централизованной услуги,поскольку в таких случаях система в целом будет зависимой от центрального узла.

Зависимость от центрального узла (офиса) может оказаться нежелательной, покрайней мере, по следующим причинам. Во-первых, такой центральный узел, скорее всего, станет узким местом системы, и, во-вторых (что ещё хуже), система станет уязвимой – если работа центрального узла будет нарушена, то вся система выйдет из строя (проблема единственного источника отказа) [3].

По указанной причине использованиесистемы "клиент/сервер" представляется необоснованным решением, так как в такой системе одни узлы– клиенты, а другие– серверы; все данные размещены на узлах, которые являются серверами; все приложения выполняются на узлах-клиентах (полная локальная независимость не предоставляется и осуществляется постоянная взаимосвязь).

Систему предлагается организовать так, чтобы она была работоспособна и функционировала (по меньшей мере, в усечённом виде)в любой момент времени и даже в случаях отказов части узлов. Надежность системы целесообразно повысить за счёт дублирования данных [2]. При таких условиях узлы в системе должны быть независимы, или автономны, а все операции на узле – контролироваться этим узлом. Никакой узел не должен зависеть от

другого узла, чтобы успешно функционировать. Иначе, если узел будет отключён, то другой узел не сможет функционировать, даже если на нем будет все в порядке.

С учётом предложенного, база данных судоходной компании в действительности будет представлять собой базу данных, компоненты которой физически хранятся в нескольких различных реальных базах данных на разных судах (в сущности, являясь логическим объединением этих реальных баз данных). В то же время в офисе судоходной компании располагаются данные, дублирующие базы данных судов для возможности своевременной выработки управленческих решений.

Каждый узел сам по себе является системой баз данных. Иначе говоря, на каждом судне есть собственная локальная реальная база данных, собственные локальные пользователи, собственная локальная СУБД и программное обеспечение [2]. Система однородна в том смысле, что на каждом узле и в офисе работает некоторая копия одной и той же СУБД (MSSQLServer).

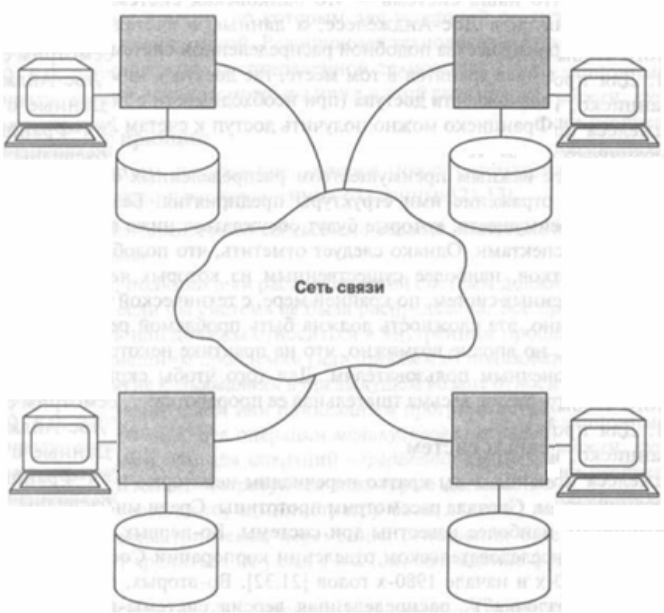


Рис.1. Схема распределённой БД

Любой пользователь может выполнять операции над данными на своём локальном узле точно также как, если бы этот узел вовсе не входил в общую систему.

Таким образом, информация судоходной компании разбивается на отдельные автономные части, которые иногда называют островами информации [3].

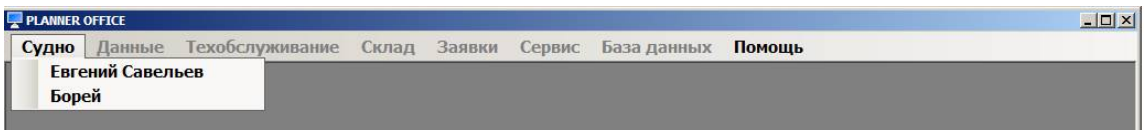


Рис.2. Главное окно программы

Все операции манипулирования данными для всех судов остаются логически неизменными. Но для операций манипулирования данными, напротив, в системе офиса требуются некоторые дополнения, например, для того,чтобы пользователь в офисе имел возможность указать, что рассматриваемыеданные будут относитьсяк тому или иному судну.

Локальные данные имеют локальную принадлежность, управление и учёт. Все данные реально принадлежат одной и той же локальной базе данных, даже если доступ к ней осуществляется с офиса.

Поэтому, безопасность, целостность, защита и представлениелокальных данных на физическом устройстве хранения остаются под контролем и в пределах компетенции локального узла.

Система поддерживает репликацию данных, если данная хранимая переменная отношенияпредставлена несколькими отдельными копиями, или репликами, которые хранятся на судне и в офисе [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горб С.И. Современный технический менеджмент судоходной компании. // Судоходство. – 2007. – №1-2. – С. – 14, 15; №3. – С. 11 – 13.

2. Горб С.И., Каменева А.В. Репликация данных в информационной системе технического менеджмента судоходной компании // Материалы научно-технической конференции "Судовые энергетические установки: эксплуатация и ремонт", 21.03.2012 – 23.03.2012. – Часть 2. – Одесса, ОНМА,2012.– С. 126 – 129.

3. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных, 8-е издание. – М.: Изд. дом"Вильяме", 2005. – 1328 с.

УДК 629.56:629.5.064

К.т.н., Будашко В.В., д.т.н., проф. Нікольский В.В., д.т.н., проф. Онищенко О.А., ст. викл. Хнюнін С.Г.
Одесская национальная морская академия

Компенсація деградаційних ефектів під час взаємодії азимутального потоку з корпусом судна

Загальні сили, необхідні для приведення судна у рух, як правило, не дорівнюють силам, що діють на судно, наприклад – при буксируванні. Ця відмінність для стаціонарного руху розраховується на основі коефіцієнта вирахування тяги t (*thrust deduction factor*), що зв'язує опір буксируванню R (H) і тягу T (H) [1]. Ціллю статті є спроба вирішити задачу урахування впливу деградаційних ефектів (таких, наприклад, як ефект Коанда) на роботу азімутальних підрулюючих пристроїв (ПП) комбінованих пропульсивних комплексів (КПК) за рахунок використання сучасних методів моделювання.

У стаціонарному русі опір тілу що рухається дорівнює тязі, але у загальному випадку R і T не обов'язково повинні бути рівні й протилежні, а судно при цьому може прискорюватися і сприймати інші зовнішні збурювання. У такому випадку коефіцієнти, що враховують зменшення тяги можуть бути визначені за допомогою заміни опору відповідними зусиллями для усіх трьох площин руху (*surge*, *sway*, *yaw*) [2]:

$$C_{F_{Lh}} = \frac{F_L(V,n) - T_{ux}(V,n) - F_L(V,0)}{T_u(V,n)}, \quad (1)$$

$$C_{F_{Th}} = \frac{F_T(V,n) - T_{uy}(V,n) - F_T(V,0)}{T_u(V,n)}, \quad (2)$$

$$C_{N_h} = \frac{N(V,n) - T_{uy}(V,n)X_p - T_{ux}(V,n)Y_p - N(V,0)}{T_{uy}(V,n)X_p - T_{ux}(V,n)Y_p}, \quad (3)$$

де: $F_L(V, n)$, $F_T(V, n)$ і $N(V, n)$ – загальні сили (Н), що діють на судно за умови відсутності інших зовнішніх збурень при швидкості потоку V (м/с) і відповідного числа обертів гвинта n (об/хв);

$F_L(V, 0)$, $F_T(V, 0)$ і $N(V, 0)$ – відповідні сили (Н) при непрацюючому гвинті (наприклад, течія);

$T_{uy}(V, n)$ і $T_{ux}(V, n)$ – тяги (Н) за відповідними вісями відповідній площині руху.

Ці коефіцієнти – коефіцієнти ефективності рушія. Вони можуть бути розраховані за умови, що індуковані сили, які визначаються відповідними чисельниками (1), (2) і (3), пов'язані зі зміною розподілу тиску на корпус. Це зумовлюється розташуванням приводу гвинта у безпосередній близькості від корпусу.

Для тягового зусилля надані вище коефіцієнти залишаються значущими і припускають той же зміст. Для випадку нульової тяги (як правило – і для невеликого значення n) коефіцієнти неоднозначні, але ця неоднозначність не є суттєвою. Більш значущими є вирази знаменників з точки зору тяги у напрямку розглянутої площини, тобто для тяги у x-напрямку. Тим не менш, у деяких випадках це призводить до поганого визначення низки коефіцієнтів, у наслідок того, що поздовжня сила руху може бути викликана без наявності поздовжньої тяги.

Для оцінки і дослідження таких деградаційних ефектів будемо використовувати, поряд з експериментальними даними, результати обчислень, отриманих методами обчислювальної гідродинаміки (*Computational Fluid Dynamics*, *CFD*) з формулюванням рівнянь гідродинаміки потоків, а саме [3]: нерозривності, для течій вздовж поперечному перетину каналу тяги (в середніх значеннях); збереження імпульсу (кількості руху); збереження енергії (закон Бернуллі); рівняння Нав'є-Стокса; рівняння Рейнольдса (RANS).

Ці рівняння гідродинаміки використовуються для опису випадково змінюваних турбулентних течій методом заміни характеристик потоку (швидкість, тиск, щільність) сумами осереднених і пульсаційних складових.

Додатково необхідно у рівняннях врахувати нестаціонарні члени, які описують зміну кількості руху рідкого обсягу внаслідок зміни у часі осередненої складової швидкості, що компенсується осередненими зовнішніми силами, силами тиску і в'язкісними силами. Крім того, необхідно обчислювати турбулентні напруги, які врахують додаткові втрати і перерозподіл енергії в турбулентному потоці (у порівнянні з ламінарним потоком).

Застосування методу *CFD* складалось з наступних послідовних етапів:

– формування геометрії моделі, необхідних фізичних обмежень і умов, геометрії дискретизації (створення сітки), завдання початкових і граничних умов диференціальних рівнянь;

– чисельне вирішення основних рівнянь з урахуванням базових фізичних параметрів згідно заданому алгоритму, а також запис результатів рішень у буферну пам'ять;

– обробка і відображення результатів у вигляді графіків, таблиць, а також контурних/векторних схем, прив'язаних до вихідної геометрії.

В якості пакету обчислювальної гідродинаміки застосовано *Marin ReFRESCO* з використанням методу скінченних об'ємів у фізичному просторі. Реалізація – поверхнево-орієнтована, що дозволило генерувати сітки з доволі великим числом граней або локально очищеної сітки з висячими вузлами.

При візуалізації потоку від азимутального рушія була прийнята модель з представленням гвинта у вигляді диска силового приводу (*AD*, *Actuator Disk*) і еквівалентним розподілом сили по всьому об'єму гвинта.

Отримані результати моделювання потоку від рушія у відкритій воді, під корпусом і на кромці корпусу:

– розподіли осьових і тангенціальних компонентів тяги;

– напрямки потоків для різних варіантів (для азимутального рушія з прямим соплом і розташуванням під корпусом; для азимутального рушія з прямим соплом з розташуванням під корпусом і збільшеним радіусом скулового округлення; для азимутального рушія з прямим соплом і розташуванням на кромці корпусу; для азимутального рушія з похилим соплом і розташуванням під корпусом).

Аналізуючи результати, зроблено висновок, що для всіх варіантів присутні значні тангенціальні сили і явище «притягання» потоку до корпусу судна. Саме це «створює» деградацію тяги і збільшення коефіцієнту вирахування тяги, з яким пов'язані зайві навантаження на підвіс.

Це явище призводить до механічнихі напруг, які пошкоджують найбільш критичні деталі конструкції судна: підшипники, ущільнення, вал. Крім того погіршуються процеси позиціонування судна.

З практики експлуатації подібних агрегатів, найпоширенішим методом для боротьби з деградацією є використання сопел, нахилених, приблизно, на 7 градусів відносно площини днища корпусу. Проте це рішення отримане емпірічно, схильне до ефектів «притягання» і істотно знижує результуючу

ефективність всієї установки – за рахунок підвищеної витрати палива і забруднення навколишнього середовища.

Таким чином, у результаті дослідження отримано сучасний математичний апарат, який дозволяє розробляти ефективні методи компенсації деградаційних ефектів під час взаємодії азимутального потоку з корпусом судна.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будашко, В. В. Математические основы имитационного моделирования системы управления энергетической установкой бурового судна / В. В. Будашко, О. А. Онищенко // Вестник Камчатского государственного технического университета. – Петропавловск-камчатский: КамчатГТУ. – 2014. – Вып. 29. – С. 6-13. [Электронный ресурс]. URL: http://elibrary.ru/item.asp?id=22822710 (дата запиту: 09.03.2015).

2. Dang J. Hydrodynamic Aspects of Steerable Thrusters / J. Dang, H. Laheij // Dynamic Positioning Conference. – Wartsila Propulsion Netherlands BV. – September 28-30, 2004. – 33 p.

3. Veksler A. Optimization-based control of diesel-electric ships in dynamic positioning / A.Veksler / Thesis for the degree of philosophiae doctor. – Trondheim, NTNU. – 2014. – 139 p.

УДК 378

Батынский А.И., Хнюнин С.Г.
Одесская национальная морская академия

Необходимость усовершенствования использования системы дистанционного доступа в морском заочном образовании на базе статистики за 2011 - 2014 годы

Развитие информационно-коммуникационной инфраструктуры создало реальные предпосылки для использования технологий дистанционного обучения. На этой основе разработана информационно-образовательная среда, способная обеспечить эффективное образование и переподготовку кадров за счет широкого доступа учащихся и преподавателей к высококачественным электронным образовательным информационным ресурсам, организации индивидуальных траекторий обучения, проведения непрерывного мониторинга качества полученных знаний, перехода к системе открытого образования на основе интерактивных дистанционных технологий обучения [1]. Эти технологии реализуются в виде систем дистанционного обучения (СДО) и систем дистанционного доступа (СДД).

Все существующие системы хранения и доступа к информации по разным причинам не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к подобным средствам системами дистанционного обучения в морском заочном образо-

вании. Возможности использования СДО в море ограничены особенностями Интернет связи и организацией труда и отдыха на морских судах. Для заочного образования морских специалистов целесообразно использовать СДД, в которых предусмотрено отсутствие стабильного прямого интерактивного контакта преподавателя со студентом-заочником [2]. Как и в СДО, в них размещены учебные и методические материалы по отдельным предметам, варианты контрольных работ, курсовых проектов и инструкции по их выполнению, а также модульные вопросы. СДД позволяют заочнику скачивать через Интернет все необходимые учебные материалы.

Ниже представлена динамика эффективности использования СДД при изучении предметов, связанных с информационными технологиями. Исследование проводилось методом анкетирования студентов заочников в 2011 – 2014 гг. Результаты анкетирования представлены в таблице и на рисунке.

Таблица 1. Результаты анкетирования студентов заочного отделения ОНМА в 2011 - 2014 гг

Пункт анкеты	Вопросы анкеты	Процент положительных ответов в группах за соответствующие годы	
1	Использовали систему дистанционного доступа в целом	2011	70
		2012	66
		2013	72
		2014	65
2	В том числе использовали СДД на судне в период рейса	2011	17
		2012	25
		2013	30
		2014	37
3	Испытывали трудности при использовании СДД	2011	78
		2012	67
		2013	87
		2014	63

Полученные данные показывают слабую динамику в использовании СДД студентами-заочниками (пункт 1 таблицы), что говорит о недостаточном улучшении в технологии использования системы. В тоже время, заметно вырос процент заочников, пользующихся возможностями СДД в период рейса (пункт 2). Это свидетельствует об общем повышении технических возможностей доступа к Интернету непосредственно с судна. Но практически отрицательная динамика проблем, возникающих при использовании системы(пункт 3), говорит о необходимости усовершенствования технологии работы с СДД.

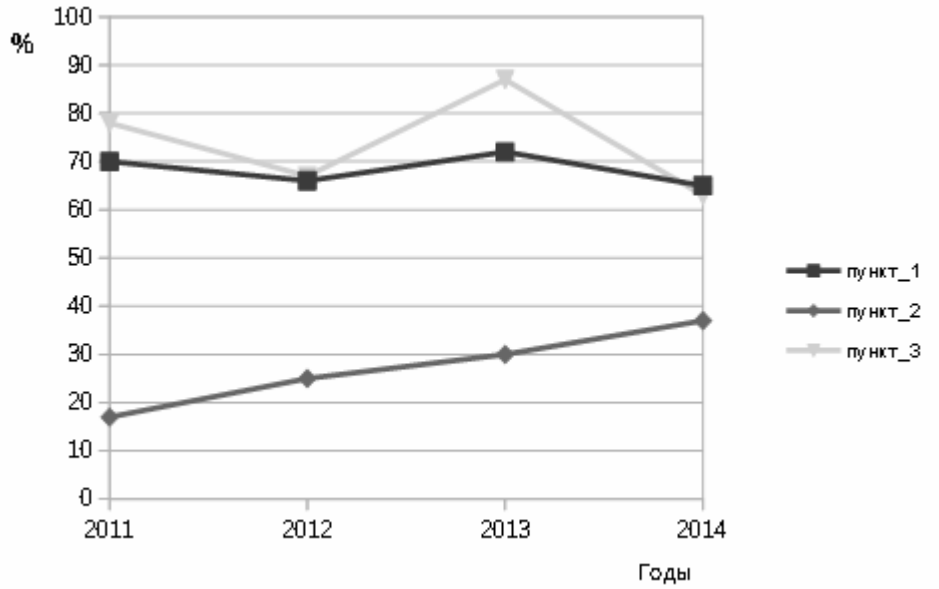


Рис. 1. Динамика эффективности использования СДД за 2011 – 2014 гг:
Пункт 1 – процент заочников, использовавших СДД в целом;
Пункт 2 – процент заочников, использовавших СДД в море;
Пункт 3 – процент заочников, испытывавших трудности при работе с СДД

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. Практически не меняется процент студентов-заочников, пользовавшихся СДД - в целом около 70 %. Из этого следует, что, во-первых не все заочники используют СДД (по разным причинам), а во-вторых есть необходимость существенного улучшения работы системы.
2. Повышение процента студентов-заочников, пользовавшихся СДД в период рейса, подтверждает расширение возможностей выхода в Интернет непосредственно с судна.
3. Незначительные изменения числа студентов, испытывавших технические трудности при использовании СДД (доступ в систему, навигация, поиск нужных материалов) говорит о необходимости улучшения технологии использования системы. По-прежнему наблюдаются трудности у более чем 60 % анкетированных.

Представленные данные позволяют наметить пути усовершенствования организации использования СДД моряками-заочниками. Сюда входят создание простых схем регистрации и доступа в систему, обеспечение формализованной двусторонней связи через электронную почту, разбиение учебного материала на небольшие по объему, информационно завершенные порции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потемкина С.В., Кашуба Л.А. Технологии дистанционного образования // Компьютеры в образовательном процессе. М., - 2000. - № 2. - С. 5 – 23.

2. Батынский А.И., Хнюнин С.Г. Рекомендации по повышению эффективности дистанционного обучения студентов заочников морских специальностей // Наука і освіта, 2012. - №7. – С.19 - 25

УДК 681.5:629.12

Никольский В.В., Будашко В.В., Хнюнин С.Г., Раенко Н.Е.
Одесская национальная морская академия

Система мониторинга позиционирования полупогружных плавучих буровых установок

Освоение новых акваторий для нефтедобычи и все большее увеличение глубин привело к созданию в 60-х годах XX века полупогружных плавучих буровых установок (ППБУ). Данная конструкция позволяет проводить бурение при глубине акватории до 6 км. Для удержания ППБУ на месте помимо системы якорей применяется цифровая система позиционирования, которая постоянно удерживает платформу при помощи системы винторулевых установок (ВРУ) [1].

Азимутальные ВРУ все чаще находят применение в судостроении. Начав свое распространение с буксиров, в настоящее время они начали применяться на судах смешанного (река-море) плавания, больших яхтах и пассажирских судах, спасательных и научно-исследовательских судах, ледоколах и военных судах прибрежного действия. Причем использоваться азимутальные ВРУ могут как в качестве вспомогательных энергетических установок, так и как основные.

Наиболее оправдано применение ВРУ на объектах, где требуется постоянное удержание позиции и постоянное подруливание происходит при использовании азимутальных ВРУ. Такими объектами являются кабелеукладчики и плавучие буровые платформы. Именно на них потеря позиции приводит к аварии. Ярким примером может служить произошедшая в 2010 году катастрофа платформы Deepwater Horizon. В результате этого, британская нефтедобывающая компания British Petroleum понесла убытки более миллиарда долларов, а по негативному влиянию на экологическую обстановку и урону окружающей среде данная авария стала крупнейшей в истории США техногенной катастрофой [2].

В процессе работы азимутальных ВРУ при направлении потока воды под днище ППБУ возникает ситуация при которой струя жидкости, вытекающая после винта, стремится отклониться по направлению к поверхности и при определенных условиях "прилипает" к ней. Это физическое явление, названное эффектом Коанда, было обнаружено и теоретически обосновано в 1932 году.

В авиации данный эффект исследуется с 1940 года и применяется при проектировании и построении вертолетов по технологии NOTAR, где рулевой винт заменяется системой продольных сопел на цилиндрической хвосто-

вой балке [3, 4]. В самолетостроении эффект Коанда позволяет увеличить подъемную силу крыла за счет обдува реактивной струей от двигателя [5, 6]. Британская компания AESIR в 2009 году построила серию беспилотных летательных аппаратов [7]. В 2012 году Mercedes и Ferrari представили спортивные автомобили с применением данного эффекта для улучшения устойчивости в медленных поворотах [8, 9].

В судостроении применение эффекта Коанда на данный момент не получило широкого распространения и ограничено лишь классом судов на подводных крыльях. Однако возникают ситуации, когда влияние данного эффекта оказывает негативное воздействие.

При возникновении данного эффекта на винт ВРУ начинает действовать сила направленная к поверхности днища ППБУ. В свою очередь смещение винта с валопроводом приводит к дополнительной нагрузке на дейдвудный подшипник и преждевременному износу последнего, что может привести к потере позиции объекта и последующей катастрофе.

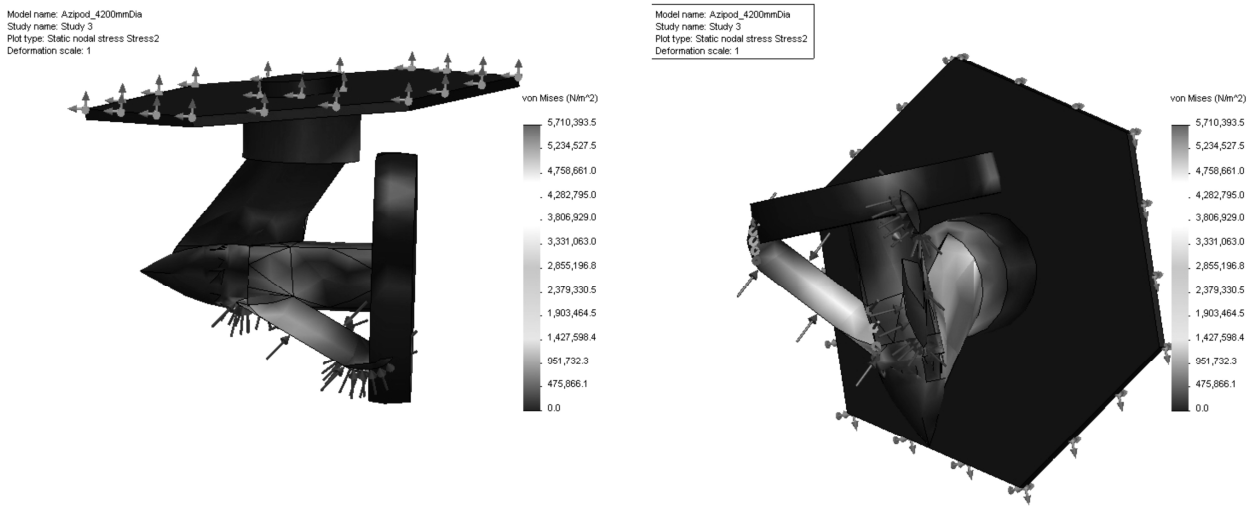
На возникновение эффекта Коанда в данном случае влияет множество факторов. К их числу можно отнести следующие: скорость судна, скорость и направление вращения винта, скорость течения, химических состав и глубина водной поверхности, температура, влажность и давление воздушной среды, скорость и направление других ВРУ, работающих совместно и входящих в систему позиционирования.

Влияние совокупности такого количества постоянно меняющихся факторов не дает нам возможность точно и однозначно предсказать время возникновения и силу приложения данного эффекта. В результате проведенных экспериментов фирмой "ABB Group" были выработаны рекомендации о внесении изменений в конструкции ВРУ. Этим изменением стало введение поперечного и продольного монтажных углов, в результате которых поток направления воды от винта ВРУ наклонен под углом в сторону от днища судна. Максимальный результирующий монтажный угол (продольный и поперечный) составляет 4 град [10]. Однако данное изменение конструкции не предотвращает полностью влияние эффекта Коанда, а лишь отодвигает момент его возникновения.

Для проведения экспериментов с целью выявления возникновения эффекта Коанда были проведены предварительные исследования, результатом которых стало построение компьютерной модели и проведение симуляции статических нагрузок. Моделирование проводилось с использованием программного модуля "SolidWorks Simulation" [11], который позволяет выполнять прочностные статические и динамические исследования (линейные и нелинейные) на основе метода конечных элементов [12]. При проведении статической симуляции было осуществлено следующее:

- нанесение гравитации;
- выбор толщины материала и собственно материала элементов модели;
- выбор геометрических точек крепления;
- выбор места, вектора и величины нанесения механической нагрузки.

После разбития на сетку методом конечных элементов и проведения статической симуляции был получен пространственный график нагрузок, показанный на рис., где светлым цветом показаны зоны наибольшего напряжения.



а) *б*)

Рис. Пространственный график нагрузок: *а*) – вид сбоку; *б*) – вид снизу

Как видно из рисунка эти зоны приходятся на лонжероны и на баллер в месте крепления мотогондолы к корпусу и позволяют определить точки для внедрения в систему датчиков для регистрации этого напряжения.

По полученным в результате исследования данным предлагается создание системы мониторинга для выявления возникновения эффекта Коанда путем введения в конструкцию ВРУ датчиков, расположенных в точках наибольшего напряжения и позволяющих зарегистрировать момент возникновения и последующие воздействия на конструкцию ВРУ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шостак, В.П. Динамическое позиционирование плавучих объектов [Текст]: монография / В.П. Шостак. – Чикаго: Мегатрон, – 2010. – 130 с.

2 Peter Lehner, Bob Deans In Deep Water: The Anatomy of a Disaster, the Fate of the Gulf, and How to End Our Oil Addiction. – New York: "OR Books", – 2010. – 173 p.

3. Вертолёты стран мира / Под ред. В.Г. Лебедя. – М.: "Бумеранг", "Апрель", 1994. – 108 с.

4. Ружицкий Е.И. Зарубежные вертолёты. – М.: АСТ, "Астрель", 2002. – С. 230 – 237.

5. Foody J.J. YC-14 Status peport. Society of automotive engineers Air Transportation Meeting New York City, May 18 – 20, 1976.

6. Martin D.L., Gangsaas D. Testing of the YC-14 digital flight control system software. – AIAA Guidance and Control Conference, Hollywood, Florida August 8 – 10, 1977.

7. Построены беспилотники-НЛО на эффекте Коанды [Электронный ресурс]. – http://www.membrana.ru/particle/14158.

8. На тестах в Маньи-Кур Mercedes представила новую выхлопную систему [Электронный ресурс]. – http://www.f-1.ru/news/19494/.

9. Два варианта выхлопной системы Ferrari F2012 [Электронный ресурс]. – http://f1life.ru/press_center/news/show/7726/8/.

10. Представление движителей Azipod® серии VI [Электронный ресурс]. – http://www05.abb.com/global/scot/scot293.nsf/veritydisplay/908eb000f6546300c12577e5004191aa/$file/azipod_vi_project_guide_ru.pdf.

11. SolidWorks Simulation [Электронный ресурс]. – http://www.solidworks.ru/products/446/.

12. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 428 с.

УДК 681.5:629.12

Тарнаруцкий Д.К., рук. д.т.н., доц. Веретенник А.М.

Формирования и распределения энергопотоков на борту транспортного плавсредства.

Каждое транспортное плавсредство морехозяйственного комплекса Украины представляет собой автономную энергетическую единицу, осуществляющую своё предназначение и в своём составе имеющее энергетическую установку, обеспечивающую энергетические потребности этого плавсредства.

Плавсредство как транспортная единица предназначено для перевозки грузов и все энергетические потребности его обеспечиваются судовой энергетической установкой (СЭУ).

Энергоустановка транспортного плавсредства (ТС) предназначена для:

- обеспечения жизнедеятельности и безопасности мореплавания людей, находящихся на борту;
- обеспечения выполнения производственных задач, стоящих перед ТС.

Для обеспечения работы энергоустановки на борту судна необходимо наличие источника энергии.

По своему назначению, расположенные на борту системы и механизмы судовых энергетических установок (СЭУ) типового транспортного судна можно условно разделить на:

- главную энергетическую установку (ГЭУ), предназначенную для обеспечения перемещения судна;

- вспомогательную энергетическую установку (ВЭУ)– механизмы которой обеспечивают потребности судна в энергии на стоянке и служат для ввода в действие и обеспечение работы ГЭУ и в целом судна.

В совокупность ВЭУ входят следующие установки:

- теплоэнергетическая – обеспечивающая плавсредство тепловой энергией общесудового назначения;
- электроэнергетическая – назначение которой обеспечивать плавсредство электрической энергией;
- системы и механизмы, обеспечивающие эксплуатационные и бытовые потребности ТС.

Главная энергетическая установка.

В состав ГЭУ типового судна входят:

главный двигатель (ГД) (в зависимости от конструкции СЭУ главных двигателей в составе последней может быть несколько) – источник основного потока механической энергии;

- главная передача (ГП), предназначенная для передачи механической энергии от ГД на валопровод;
- валопровод, обеспечивающий передачу механической энергии от ГП к движителю;
- движитель, обеспечивающий преобразование механической энергии ГД в кинетическую энергию движения судна.
- Следует отметить, что комплексы формирования потока механической энергии в зависимости от типа главных двигателей классифицируются по следующим признакам:
- комплексы с двигателями внутреннего сгорания (ДВС), в основном, дизельными;
- комплексы в состав которых в качестве главных двигателей входят паровые машины;
- комплексы в которых главными источниками механической энергии являются газовые и паровые турбины;
- комплексы в которых основным источником энергии являются ядерные энергоустановки (ЯЭ),
- а также комбинированные пропульсивные комплексы, состоящие из нескольких установок различного типа.

По среднестатистическим данным [сайт «Международный Форум “Морская индустрия России”»] 90 % ТС оборудованы дизельными энергетическими установками, основным энергопреобразующим агрегатом которых является двигатель внутреннего сгорания (ДВС), использующий в рабочем процессе комбинированный термодинамический цикл и источником энергии которого являются тяжёлые фракции продуктов нефтепереработки [1].

Рассмотрим принципиальную схему типовой энергетической установки транспортного судна с ДВС с позиции формирования и взаимодействия энергетических потоков в узлах СЭУ (рис.1).

Формирование потока механической энергии

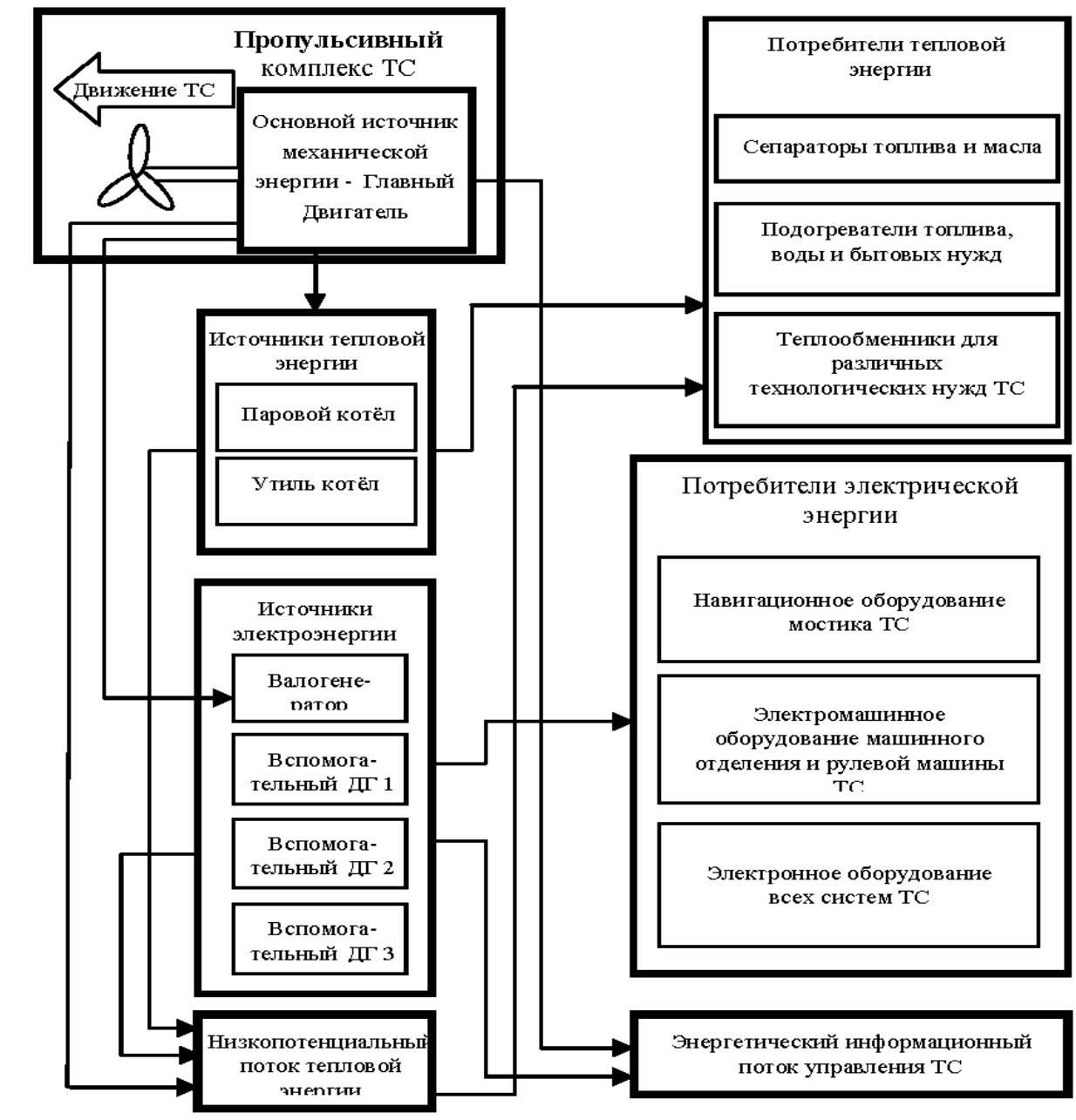


Рис. 1. Принципиальная энергетическая схема типовой СЭУ.

Формирование потока механической энергии судна осуществляется главным двигателем ТС (в зависимости от конструкции СЭУ, как отмечалось выше, главных двигателей в составе последней может быть несколько) – источником основного потока механической энергии, получаемой в результате преобразования потенциальной энергии топлива в кинетическую энергию вращения коленчатого вала ГД.

Этот поток энергии на 50-60% используется по своему основному назначению – преобразуется пропульсивным комплексом в поступательное движение ТС.

Часть энергии от 15 до 30% от этого потока в зависимости от комплектации СЭУ возможно преобразовать в электрический поток с помощью валогенератора, подключенного к ГД. Эта часть основного механического потока энергии при преобразовании обеспечивает электростанцию ТС электроэнергией на различных режимах работы судна.

При работе ГД на средней и полной нагрузке, от 40 до 60 % энергии выхлопных газов, выбрасываемы х в окружающую среду, возвращается на борт судна в виде части потока тепловой энергии, получаемой с помощью утилизационного котла.

Распределение потока механической энергии, описанное выше, существенно зависит от конструкции ГД и современные производители двигателей для транспортных судов стремятся поднять КПД двигателей, совершенствуя их конструкцию и навешенные узлы и механизмы.

Формирование потока тепловой энергии

На борту ТС поток тепловой энергии обеспечивает теплоэнергетическая установка (ТЭУ). В состав ТЭУ, в зависимости от назначения ТС, может входить как главная котельная установка так и вспомогательная котельная установка и утилизационный котёл, использующий тепловую энергию выхлопных газов. Также в состав ТЭУ входят системы и механизмы обеспечивающие работу вышеперечисленных агрегатов.

Паровой котёл, используя потенциальную энергию топлива, преобразует в процессе окислительной реакции(горения топлива в топке) эту энергию в тепловую энергию пара.

Утилизационный котёл, используя энергию выхлопных газов на эксплуатационных режимах работы ГД (40-100% мощности), вырабатывает поток тепловой энергии, который сливаясь с потоком энергии, полученной от парового котла, используется в судовых устройствах и механизмах для выполнения производственных задач ТС.

Потребителями потока тепловой энергии на борту ТС являются подогреватели и сепараторы топлива, масла, паровые машины и механизмы, устройства, обеспечивающие бытовые потребности экипажа, такие как подогреватели воздуха общесудовые и установленные индивидуально в каютах, подогреватели горячего водоснабжения и т.д..

Описание назначения, энергетические и технические особенности тепловых генераторов и потребителей тепловой энергии довольно полно описаны в работах [2, 3].

Технические средства преобразования потенциальной энергии топлива предполагают наличие в своём составе охлаждающих систем и устройств, обеспечивающих их эксплуатационные характеристики. В результате преобразования энергии вырабатывается поток энергии, который с

охлаждающей средой сбрасывается в окружающее пространство. На рис. 1.2 этот поток назван «Низкопотенциальный поток тепловой энергии».

Использование на борту специального оборудования, как пример опреснительной установки, позволяет использовать часть потока низкопотенциального тепла и на 20-40% на эксплуатационных режимах сократить потери энергии, теряемые с потоком охлаждающей жидкости, сбрасываемой за борт ТС.

Формирование потока электроэнергии

Электрическая энергия на борту ТС вырабатывается автономными генераторами, питающимися механической энергией от приводных двигателей, модификации которых описаны выше. В состав электростанции ТС могут входить валогенератор и турбогенератор в соответствии с проектом СЭУ.

Конструктивные особенности различных типов генераторов, их электрические параметры, особенности бортового электрооборудования ТС, потребляющего электрическую энергию, достаточно полно описываются в работах [4,5,6,7].

Электроэнергетическая установка плавсредства состоит из электроэнергопроизводящих агрегатов, главного распределительного щита (ГРЩ) и электропотребителей.

Электроэнергопроизводящие агрегаты по типу приводних двигателей классифицируются на агрегаты:

— с приводом от ДВС(в основном дизельным);

— с приводом от паровой турбины;

— с приводом от газовой турбины.

Задача ГРЩ – приём электроэнергии и распределение (коммутация) энергии по потребителям, контроль качества электроэнергии и стабильности её наличия. Основы построения бортовой электростанции, технические средства её реализации довольно полно описаны в работах [4,8,9].

Широкое использование электроэнергии на борту ТС обусловлено наличием и развитием технических средств, позволяющих преобразовывать электрическую энергию в необходимый энергопоток – механической вращательной, поступательной, тепловой и т.д. энергий. Потребители электроэнергии на борту ТС используются практически во всех системах и устройствах.

В связи с тем, что до настоящего времени не достаточно полно исследована работа электрогенерирующих комплексов как единого энергопроизводящего узла (в состав которого входят приводной двигатель и генератор с системами управления параметрами генерируемой энергии) вырабатывающего энергию заданного качества, представляется перспективной работа, посвященая исследованиям режимов работы различных типов энерго-производящих комплексов на единую бортовую нагрузку , формирующих энергетический поток электрической энергии на борту судна. Постановка данной задачи связана с необходимостью

обеспечения безаварийной эксплуатации транспортного плавсредства и обеспечения безопасности человеческой жизни на море.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ваншейдт В. А. Судовые двигатели внутреннего сгорания.-Л. Судостроение, 1977, 392 с.
2. Артемов Г.А., Волошин В.П., Шквар А.Я., Шостак В.П. Системы судовых энергетических установок. Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Судостроение, 1990. - 376 с., ил.
3. Харин В.М., Декин Б.Г., Занько О.Н., Писклов В.Т., Судовые вспомогательные механизмы и системы: Учебник для морских вузов - М.: Транспорт, 1992 - 319с.
4. Берков К.И., Кортиков К.П., Васильев В.Н. Справочник электромеханика по судовым электрическим машинам. - Одесса: Маяк, 1979. - 239с., с ил.
5. Мелешкин Г.А. Генераторные установки отбора мощности на судах. - Л.: Судостроение, 1967 .- 232 с.
6. Ситченко Н. К., Ситченко Л. С. Общее устройство судов. – Ленинград: «Судостроение». – 1987.-160 с.
7. Тамм И.Е. Основы теории электричества. -М.: Наука, 1976. - 616 с.
8. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов. - Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1982. - 382 с., ил.
9. Ту Ю.Т. Цифровые и импульсные системы автоматического управления. - М.: Машиностроение, 1964. - 703 с.

УДК 621.873.12

Ст. преп.Макаренко Л.Н.

Одесская национальная морская академия

Инновационные технологии в сфере улучшения кинематических характеристик устройств

Многочисленные работы в области аналитических методов исследования кинематики и динамики механизмов с помощью разнообразных математических компьютерных программ (Maple, Mathcad, Mathlab и др.) доказывают, что это направление для решения задач механики и теории механизмов.

Кинематический анализ механизма проводят без учета сил, вызывающих его движение, аналитическим или графическим методом. При этом решают три задачи :

1) определение перемещений звеньев и траекторий заданных точек;

2) определие скоростей точек звеньев и угловых скоростей звеньев;

3) определение ускорений точек звеньев и угловых ускорений звеньев.

Аналитический метод позволяет установить в виде математического уравнения зависимости кинематических параметров механизма от размеров

звеньев. Для многих механизмов он характеризуется сложностью расчетных зависимостей и трудоемкостью вычислений. С развитием вычислительных машин значение этого метода выросло. Вместе с тем аналитические методы не отличаются наглядностью, что затрудняет проверку получаемых результатов в самом процессе вычислений.

Графический метод, более простой, основан на непосредственном геометрическом построении планов положений механизма. Он позволяет наглядно представить движение его звеньев. При этом на чертеже отображаются действительная форма этих траекторий, действительные значения углов, составляемых звеньями, а, следовательно, и действительная конфигурация механизма и их отдельных точек. При графических способах решения задач теории механизмов и машин различные параметры движения и схемы механизмов изображаются на чертежах условно при помощи масштабов.

Подготовка высококвалифицированных инженеров, способных к инновационной деятельности, предлагает широкое использование современных систем автоматизации проектирования. Использование численного анализа кинематических характеристик в модуле SolidWorksMotion.

Современные Cad/Cam / Cae- системы представляют собой один из самых наукоемких и высокотехнологичных видов программного обеспечения.

SolidWorksMotion предназначен для имитации движения механизмов с учетом кинематических и силовых факторов. Программа анализирует сборку SolidWorks транслируя ее в условную модель механизма с учетом массово-инерционных характеристик деталей. Инерционные параметры заимствуются из геометрии деталей SolidWorks, а плотность может быть назначена независимо. В качестве условий, определяющих движение, применительно к объектам модели назначаются линейные и угловые скорости, закон изменения которых определяется пользователем, линейные силы и крутящие моменты, также действующие по заданным законам, учитывается сила гравитации.

Для математических модели строится система дифференциальных уравнений движения, которая затем решается посредством разностных схем. В настоящий момент в модуле SolidWorksMotion имеются три вычислительных процедуры, интегрирующие уравнения движения. После этого программа преобразует численные результаты в вид, пригодный для отображения.

В качестве результатов анализа доступны перемещения, скорости, ускорения, силы, моменты, другие кинематические характеристики для соединений, пружин и демпферов, а также характерных точек модели в численном, в табличном играфическом виде. Реализуется анимация результатов, а также генерация траекторий характерных точек моделей и сохранение их в качестве кривых SolidWorks.

При изучении дисциплины «Теория механизмов и машин» выполняется кинематический и силовой анализ рычажного механизма для заданного угла

положения кривошипа графическим и графоаналитическим методами. На начальном этапе исследования механизмов угловую скорость начального звена (кривошипа) принимают постоянной. При этом положения звеньев и точек звеньев, их кинематические характеристики определяются как функции обобщенной координаты. Кинематические характеристики аналоги скоростей и ускорений определяются последовательным дифференцированием по обобщенной координате уравнения положений звеньев и точек механизма.

С целью проверки расчетов кинематических характеристик рассматриваемого механизма предлагается провести численный анализ в модуле SolidWorksMotion .

Результатом расчета в SolidWorksMotion являются графики кинематических характеристик для основных точек и звеньев механизма, а также визуализация схемы механизма. Применения данного метода помогут студентам просмотреть изменения кинематических характеристик любой точки и любого звена, сравнить их с результатом ручного счета, сделать анализ полученных результатов, тем самым провести более подробный анализ.

УДК 629.5.064.5

Глазева О.В., Власов В.Б.
Одесская национальная морская академия

Системы электродвижения судов: состояние и перспективы развития

Системы электродвижения (СЭД) предназначены для обеспечения движения судна на всех ходовых режимах. По сравнению с традиционными пропульсивными комплексами, базирующихся на использовании тепловых двигателей (дизелей и турбин), СЭД имеют ряд преимуществ:

- за счет обеспечения качества регулировочных характеристик, которые улучшают маневренные показатели судна;
- обладают высокими перегрузочными способностями, что позволяет судну работать в сложных ледовых условиях;
- обеспечивают высокий КПД во время работы при долевых нагрузках;
- обеспечивают возможность оптимального размещения оборудования в помещениях судна;
- обеспечивают высокую надежность электроэнергетической установки в целом;
- обладают хорошими виброшумовыми характеристиками;
- снижают вредные эксплуатационные выбросы в атмосферу.

К основным недостаткам судов, использующих электродвижение можно отнести: увеличение состава оборудования; увеличение стоимости судна; увеличение массогабаритных показателей, а соответственно ухудше-ние объемных характеристик судна в целом.

Однако, указанные недостатки могут быть скомпенсированы за счет рационального размещения оборудования в машинном отделении – не по горизонтали, а по вертикали, когда дизель генераторы размещаются на платформе, гребные электродвигатели под ними в трюме, поскольку связь осуществляется не по линии вала, а по кабелю.

В состав СЭД входит: движитель; гребные электродвигатели (ГЭД); полупроводниковые преобразователи; силовые трансформаторы; щитовое оборудование: ГРЩ, ЩЭД; комплексные системы управления; генераторные агрегаты.

В качестве движителей в составе СЭД применяются гребные винты или азимутальные винто-рулевые колонки (ВРК).

Основные варианты применяемых схем СЭД приведены на рисунке (рис.1).[1]

С целью более эффективного использования оборудования гребной электрической установки (ГЭУ), упрощения его обслуживания, повышения экономии топлива и увеличения грузовместимости судна развитие ГЭУ и электроэнергетических систем (ЭЭС) пошло по пути объединения источников питания ГЭУ и общесудовых потребителей в единые ЭЭС (ЕЭЭС).

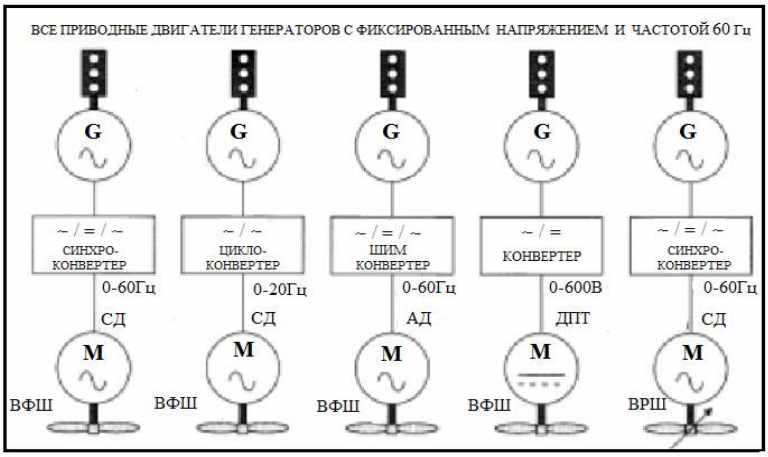


Рис. 1 Варианты схем СЭД

СД – синхронный электродвигатель; АД – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором; ДПТ – двигатель постоянного тока; ВФШ – винт фиксированного шага; ВРШ – винт регулируемого шага; ШИМ – широтно-импульсная модуляция.

В состав ЕЭЭС могут входить преобразователи энергии различного типа: механические – с прямой передачей на гребной винт; электрические (преобразователи частоты и управляемые выпрямители); комбинация механических и электрических преобразователей.

Традиционно, гребной вал соединен непосредственно с гребным электродвигателем, который расположен внутри судна, но применение винторулевых колонок типа AZIPOD привело к значительному увеличению маневренности судна и уменьшению его вибрации.

В настоящее время создается новый тип СЭД на базе двигательно-движительных систем кольцевой конструкции с погружным электроприво-

дом (ДДС КК) [2]. Также актуально использование в качестве ГЭД вентильного индукторного двигателя (ВИД).

Наиболее перспективным направлением развития корабельной энергетики в настоящее время, считается переход ее на полное электродвижение. Реализация задач создания малошумной, надежной, экономичной, обеспечивающей высокую маневренность всережимной ГЭУ неизбежно приводит к идее использования в них "электрического гребного вала". Это позволяет исключить из состава установки наиболее виброактивный узел – зубчатую передачу, существенно сократить длину линии вала, упростить конструкцию главной турбины и обеспечить благоприятные условия для ее эксплуатации.

Поскольку энерговооруженность судов неуклонно возрастает, возникла и практически реализовалась потребность в применении системы высокого напряжения для обеспечения судовых нужд (3,3 кВ, 6,6кВ или 11 кВ). Генерирование судовой электроэнергии в стандартах высокого напряжения является более выгодным по сравнению со стандартом 440 В, 60Гц (уменьшение номинальных токов и токов короткого замыкания в десятки раз).[1]

Особое место СЭД занимают в военном кораблестроении. Применение полного электродвижения для боевых кораблей водоизмещением около 2000т, имеющих в составе ЭУ газотурбинные двигатели (ГТД), возможно при производстве комплектующих нового технического уровня – ГТД сложного цикла, высоковольтного (6-12 кВ) оборудования и др.[3]

На высоких скоростях (более16-18 уз) преимущество электродвижения по шумности утрачивается, поскольку основной составляющей подводного шума является шум от гребных винтов. Вследствие этого, большой интерес представляют ЭУ с частичным электродвижением, сочетающие тепловые двигатели с высокой удельной мощностью (ГТД) и высоковольтные ГЭД.

Значительный прогресс в применении эффекта сверхпроводимости (СП) предполагает использование этого эффекта также и в судовом электродвижении.[4]

Исходя из всего выше сказанного можно прогнозировать перспективы дальнейшего развития ЭЭС по следующим основным направлениям: применение высокого напряжения; внедрение сверхпроводниковых электрических машин; увеличение единой мощности генераторов и нагрузки; совершенствование структур ЭЭС и электрооборудования; применение регулируемых электроприводов различных типов; широкое применение вычислительных комплексов автоматизированного управления ЭЭС и ГЭУ, технического диагностирования, защиты и контроля.

Таким образом, при решении вопросов проектирования и строительства судов с электродвижением необходим комплексный подход к вопросам взаимосвязи и объединения основных функциональных элементов (ГЭД, ВРК, ПЧ и т.д.) в рамках решения поставленных перед судном задач. Именно поэтому концепция развития ЕЭЭС судов с электродвижением весьма актуальна.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dennis T.Hall Practical Marine Electrical Knovledge, 1999.
2. А. Григорьев Судовая система электродвижения нового поколения. Журнал «Морской флот», 2012г. – №2. – С.38-40.
3. К.Г. Голубев Энергетические установки кораблей с электродвижением // Журнал «Морской вестник» , 2013г. – №2(46). –С. 38-39.
4. В.И. Щербаков ВТСП приводы и генераторы для нужд флота. Информационный бюл- летень «Сверхпроводники для электроэнергетики», том 4, выпуск 3, 2007г.

УДК 629.5.065-83

Бушер В. В., д.т.н., профессор

Шестака А, И., ст. преподаватель
Одесская национальная морская академия

Система управления электроприводами при совместной работе крановых механизмов

Механизмы горизонтального перемещения причальных и тыловых контейнерных перегружателей характеризуются относительно продолжительными переходными процессами из-за раскачивания подвешенного на канате груза. Учитывая, что операции перемещения занимают основную часть времени перегрузки контейнера и поэтому определяют производительность погрузочно-разгрузочных работ, то основным критерием оптимизации динамической системы механизма передвижения крана с подвешенным грузом рассматривается быстродействие. Критерий оптимальности реализуется при наличии естественных и условных ограничений. Естественные ограничения отражают ограничения управляемых координат и управляющего воздействия по модулю, вытекающие собственно из свойств системы и её элементов: $|y_i| \le y_m, |u_i| \le u_m$. Условные ограничения вводятся в систему сознательно с целью обеспечения конкретных требований технологического процесса – необходимость обеспечить к концу переходного процесса успокоение груза и вертикальное расположение каната.

Одним из возможных путей оптимизации переходного процесса механизма передвижения крана и решения таким образом поставленной задачи является использование принципа максимума Понтрягина, который позволяет учесть ограничения на управляющие воздействия, подводимые к объекту управления, и наиболее эффективен при синтезе систем, оптимальных по быстродействию. Но при использовании получаемых законов управления механизмами возникают сложности, обусловленные тем, что обычно невоз-

можно точное измерение массы груза и длины подвеса, которые определяют формируемый закон управления. Кроме того, на механизмы горизонтального перемещения действуют различные возмущающие воздействия – ветер, трение. Сочетание ошибок определения параметров и возмущающих воздействий приводит к возникновению остаточных колебаний груза, амплитуда которых может быть весьма существенной.

С другой стороны, для демпфирования колебаний во многих кранах используют дополнительные подтягивающие тросы, сила натяжения которых пропорциональна скорости движения троса. Такое воздействие эквивалентно гибкой обратной связи по отклонению груза от вертикали и эффективно подавляет остаточные колебания, обусловленные как намеренными (пуск, торможение), так и случайными возмущающими внешними воздействиями. Однако время подавления раскачивания таким способом сопоставимо с одним-двумя периодами колебаний физического маятника и оказывается существенно дольше оптимальных законов управления механизмами с подвешенным грузом.

Суть метода заключается в управлении скоростями идеального холостого хода электроприводов подтягивающих тросов v_{10}, v_{20} в соответствии с желаемым законом изменения угла отклонения каната от вертикали α, ускорений, скоростей и положений тележки и груза $a_1, a_2, v_1, v_2, s_1, s_2$ и, соответственно, углов отклонения и скоростей подтягивающих тросов $\beta_1, \beta_2, v_{l1}, v_{l2}$. Механизм характеризуется длиной каната l, массами механизма и груза m_1, m_2, расстоянием между точками подвеса каната с грузом и подтягивающих тросов $base$. В приведенной ниже системе алгебраических и дифференциальных уравнений, представляющих собой наблюдатель механизма передвижения, параметры m_1, m_2, l, $base$ заданы, сила F изменяется по выбранному закону:

$$a_1 = \frac{F(t)}{m_1} - g\frac{m_2}{m_1}\alpha,\ \frac{dv_1}{dt} = a_1,\ \frac{ds_1}{dt} = v_1,$$

$$a_2 = g\alpha,\ \frac{dv_2}{dt} = a_2,\ \frac{ds_2}{dt} = v_2,$$

$$\alpha = \frac{s_1 - s_2}{l},$$

$$\beta_1 = arctg\frac{l\cos\alpha}{base + l\sin\alpha},$$

$$\beta_2 = arctg\frac{l\cos\alpha}{base - l\sin\alpha},$$

$$\Delta v = v_2 - v_1,$$

$$v_{10} = v_{l1} = \Delta v\cos\beta_1,$$

$$v_{20} = v_{l2} = -\Delta v\cos\beta_2.$$

Такая модель механизма встраивается в систему управления в качестве формирователя управляющих сигналов $F(t)$ для электропривода механизма передвижения и v_{10}, v_{20} для электроприводов подтягивающих тросов. Функциональная схема системы приведена на рис. 1.

Тогда при точном соответствии фактических и расчетных параметров механизма переходный процесс совпадает с идеальным, а усилия в подтягивающих тросах отсутствуют.

Даже при ошибке определения параметров (длина каната отличается на 15%) получим переходные процессы, графики которых изображены на рис. 2. Видно, что амплитуда остаточных колебаний значительно уменьшена. Также нагрузка приводов подтягивающих тросов как в процессе разгона тележки, так и при демпфировании остаточных колебаний не превышает максимально допустимого.

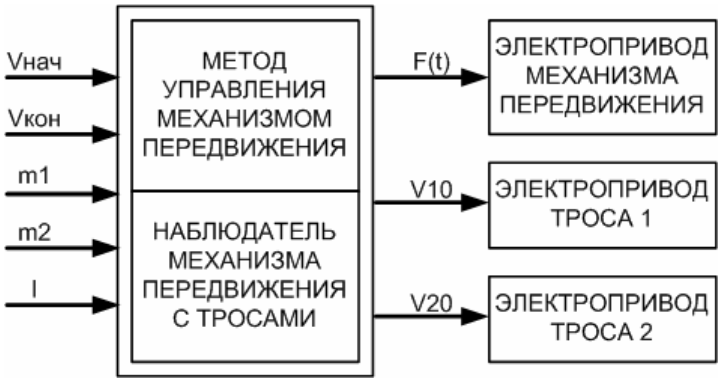


Рис.1. Функциональная схема системы управления

Таким образом, путем включения в систему управления наблюдателя механизма передвижения с электроприводами подтягивающих тросов и управлением скоростями идеального холостого хода этих приводов получена возможность эффективного сочетания оптимальных по быстродействию законов управления механизмом горизонтального передвижения груза и подавления колебаний, обусловленных возмущающими факторами и погрешностями определения параметров механизма.

Выводы. Таким образом, путем реализации согласованного управления механизмами передвижения и подтягивающих тросов с регулированием скоростей идеального холостого хода получена возможность эффективного сочетания оптимальных по быстродействию законов управления механизмом горизонтального передвижения груза и подавления колебаний, обусловленных возмущающими факторами и погрешностями определения параметров механизма.

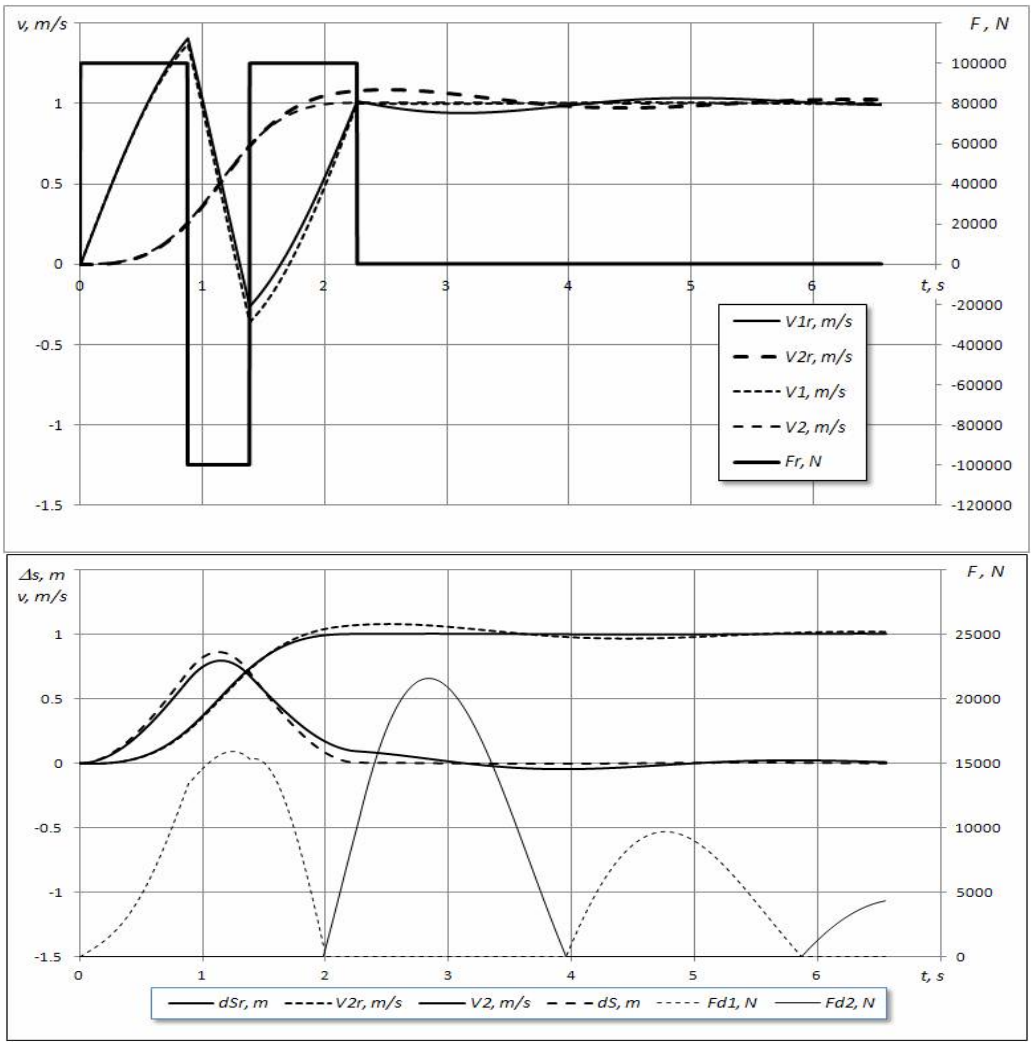


Рис. 2. Графики переходных процессов при согласованном управлении электроприводами

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасимяк Р. П. Электроприводы и системы управления крановых механизмов: Уч. пособие. Рек. УС ОНПУ 2014 г. / Р. П. Герасимяк, В. В. Бушер, А. Г. Калинин. – Одесса. Издательство Наука и Техника, 2014. – 202 с. : рис. – Библиогр. : с. 202. – 300 экз. – ISBN 978-966-1552-50-9.

2. Бушер В. В., Мельникова Л. В. Анализ и сравнение различных способов демпфирования колебаний подвешенного на канате груза // Проблемы создания новых машин и технологий. Научные труды КГПИ. Вып. 1/ 2000 (8) – Кременчуг: КГПИ. 2000. – С. 236–240.

3. Герасимяк Р. П., Бушер В. В., Мельникова Л. В. Математическая модель электромеханической системы механизма передвижения крана с подвешенным грузом при оптимальном управлении // Вестник Херсонского государственного технического унивеситета. Вып. 2(8). – Херсон: ХГТУ, 2000. – С. 74–76.

4. Математическая теория оптимальных процессов / Л. С. Понтрягин, В. Г. Болтянский, Р. В. Гамкрелидзе, Е. Ф. Мищенко. – М.: Наука, 1969. – 344 с.

УДК 629.56:629.5.064

Казаков И.И., Никольский В.В.
Одесская национальная морская академия

Особенности организации автоматизации технологических процессов на судах с модульной комплектацией энергетических установок

На мировом торговом флоте наиболее распространенный тип комплектации судов энергетическими и вспомогательными установками является модульный тип. Чаще всего данные установки поставляются на суда в виде полностью укомплектованных модулей разными производителями и являются продуктами разных фирм.

Установки функционируют обособленно друг от друга, являясь полностью автономными в плане функционирования, каждая из них оборудована своей стационарной системой автоматики, защиты и управления. В АСУ данного типа судовая SCADA-система выполняет лишь роль контроля и сигнализации, а также обладает посредственными диагностическими возможностями (только по основным контролируемым параметрам судовых систем включенных в систему мониторинга и сигнализации).

Автоматизация модульных установок замкнута сама на себя, т.е. вся информация, являющейся важной для диагностирования оборудования, в процессе работы установки циркулирует в пределе модуля и остается недоступной для инженера-оператора,

Возьмем для примера судовую воздушную компрессорную установку., установленная на контейнеровозе класса А1 автоматизации, 2009 года постройки, с дедвейтом 7450 тонн, с главной силовой установкой четырехтактный дизельный двигатель с ВРШ и валогенератором. Вырабатываемый установкой сжатый воздух с давлением 26-30 кг/м2 служит для пуска судового главного двигателя, вспомогательных дизель-генераторов, а также на приводы различных механизмов.

Комплектация данного модуля представляет собой: три воздушных компрессора с электроприводом (два основных и один аварийный), две воздушные емкости, три релейно-контакторной коробки с возможностью выбора управления компрессорами в ручном или автоматическом режиме, одна электрическая коробка выбора приоритета пуска компрессоров, три управляющих прессостата, один датчик сигнализации по низкому давлению (рис.1).

Из данной установки на SCADA-систему поступают лишь следующие сигналы: "Неисправность компрессора №1", "Неисправность компрессора №2", "Низкое давление сжатого воздуха". Дистанционного отследить интен-

сивность закачки сжатого воздуха в систему возможно лишь по косвенным показателям, а именно по установленному на главном двигателе датчику давления, который не входит в состав модуля компрессорной установки.

Рассмотрим наиболее частые неисправности возникающие при эксплуатации компрессорной установки:

- выход из строя управляющих прессостатов, при отсутствии запасных автоматически переводит управление установкой в ручной режим, т.е. с постоянной вахтой около нее;

- выход из строя датчика по низкому давлению в системе лишает возможности засечь неисправность установке, и ведет к полной потере сжатого воздуха в системе;

- выход из строя разгрузочных соленоидов может привести как к перегрузке агрегата (при не открытии), так и к потерям сжатого воздуха (при не закрытии) в ходе работы установки, что увеличит длительность рабочих циклов компрессоров, обнаружить которую удастся только при следующей записи часов наработки (т.е. через сутки);

- выход из строя реле защиты по току лишит установку защиты в случае перегрузок и сильного нагрева электропривода;

- выход из строя клапанов цилиндров компрессора может привести к снижению производительности компрессора, что приводит к увеличению длительности рабочего цикла, и в некоторых случаях к невозможности установки достичь необходимого уровня давления в системе;

- выход из строя электромеханического счетчика часов наработки компрессора;

- утечки сжатого воздуха различного характера по всей системе (различная арматура, трубопроводы, потребители).

Для проведения диагностирования, с целью обнаружения подобных неисправностей и предотвращения ухудшения технического состояния оборудования, необходимо включить в SCADA-систему ведение непрерывного контроль за рабочим током компрессоров. Для этого на одну из трех фазовых линий электропередач (после основного электровыключателя) необходимо установить гальванически развязанные электрические датчики тока на эффекте Холла.

Таким образом, выведя на экран монитора, и поместив на одну диаграмму кривую изменения давления сжатого воздуха перед главным двигателем и кривую нагрузки на электроагрегат компрессорной установки можно судить о характере протекания технологического процесса, и проявлении неисправностей в ходе работы агрегата.

Также данные по току нагрузки позволят организовать следующие функции, с незначительной модернизацией программного интерфейса SCADA-системы:

- цифровой счетчик часов наработки;

- измеритель частоты пусков и длительность рабочего цикла за период времени;

- цифровая защита по длительности работы компрессора с настраиваемой сигнализацией;

- цифровая защита по максимальному току с настраиваемой сигнализацией;

- цифровая защита от холостого хода компрессора с настраиваемой сигнализацией;

- цифровая защита по минимальному и максимальному давлению в системе сжатого воздуха.

Наиболее полная защита может быть организована также внедрением в релейную схему компрессорной установки дистанционно управляемое реле, работающее на остановку агрегата, управление которым сможет осуществляться через SCADA-систему при помощи программируемого логического контроллера. Если внедрить в релейную схему еще и реле пуска агрегата, то в SCADA-системе можно организовать автоматизированное управление компрессорной установкой, которая в случае поломки управляющих прессостатов сможет воспроизвести управление установкой аналогичное прессостатам. Активация реле должна происходить лишь при подачи на них питания, т.о. в обесточенном виде они не будут нарушать целостности релейной схемы управления работой установки.

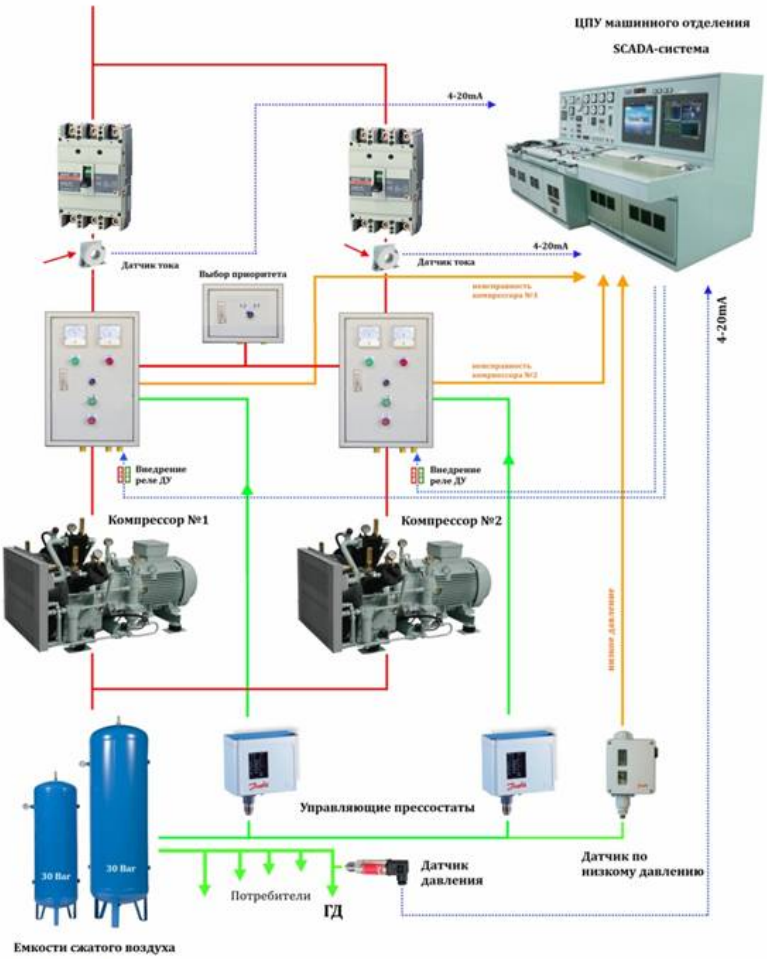


Рис. 1. Состав судовой компрессорной установки сжатого воздуха

Подобным образом может быть организована работа установки обеспечения судна пресной водой (гидрофор). Данная методика диагностирования оборудования по току нагрузки может быть применена также к таким модульным установкам как:

- станция сепарирования топлива и масла - регулярное наблюдение за характеристикой сепаратора на пусковых режимах и режимах самоочистки;
- станция обработка фекальных вод – определение периоды работы насоса при откачке вод за борт (определение количества использованной воды для бытовых нужд), защита по длительности работы (определение зависания датчиков нижнего уровня);
- рулевая установка;
- станция топливоподготовки главного двигателя;
- станция топливоподготовки вспомогательных двигателей;
- электроприводы различных насосов.

По данным, собранным при помощи датчиков тока и сформированному цифровому счетчику часов, в SCADA-системе можно организовать автоматическую систему менеджмента судового оборудования, с автоматическим ведением журнала плановых и вынужденных работ, складского учета запчастей, а также внести всю исчерпывающую информацию о характеристиках оборудования и каталожных данных для заказа запчастей.

Вывод:

В настоящее время, обладая компьютерами и программной средой, организованной в них, можно значительно расширить возможности по защите, сигнализации, автоматизации, управлению и безопасности используя судовые технические средства. Это позволит повысить безопасность эксплуатации судового оборудования, уменьшить влияние человеческого фактора, повысить информативность технологических процессов и вывести диагностику на новый уровень.

УДК 629.5.052.3-52-049.5

Дворецкий В.А.
Одесская национальная морская академия

Алгоритм повышения эффективности автоматизации технического средства (РЛС)

В судовождении для комплексной оценки состояния и управления результативностью работы производится анализ напряженности использования транспортного потенциала судовых технических средств и интенсивности основных процессов деятельности персонала, обеспечивающего безопасность судна в техническом и навигационном аспектах [1,2].

При этом безопасность, надежность и экономичность процесса управления судном зависят не только от технического состояния судового оборудования, но и, все в большей степени, определяются эффективностью автома-

тизации технических средств, качеством взаимодействия обслуживающего персонала со средствами автоматизации.

Автоматический контроль является важнейшей частью систем автоматического управления, так как для своевременной корректировки процесса необходимо располагать информацией о его протекании. Роль человека при этом практически сводится к оценке информации и, в необходимых случаях, выдаче управляющих воздействий. Следует отметить, что в настоящее время отсутствуют научно обоснованные методы упрощения получения и корректировки данных, реализации возможности аппаратного визуального определения и совместного учета известных и рассчитанных поправок к измеренным навигационным параметрам. Отсюда низкая информативность технических средств при маневрировании и выполнении морских операций.

Для повышения информативности необходимо повышение доверия к выработанному параметру. Доверие будет заключаться в повышении достоверности конечного результата. Поэтому точность каждого составляющего элемента будет вносить свою долю в истинность конечной величины. Одним из параметров, обеспечивающих выполнение безопасного и своевременного маневрирования является радиолокационный пеленг (РЛП), измеряемый посредством радиолокационной станции (РЛС).

Целью исследования и главной задачей было выявление факторов влияющих на точность определения РЛП, определение методологии повышения точности и приборной реализации учета и контроля поправок к измеренному навигационному параметру.

Рассмотрена система: излучатель–цель–среда–приемник. Излучателем и приемником является антенна РЛС. В процессе движения луча РЛС происходит его отклонение, что приводит к понижению точности. Одним из составляющих факторов влияния является внешняя среда. Необходимо установить связи в этой цепочке, закономерности между внешней средой и конструктивными особенностями передатчика.

Для повышения точности необходимо и достаточно учесть факторы, влияющие на антенну [3], а для этого разработать алгоритм и методику.

В условиях судна искажение сигнала является объективной, но неустранимой реальностью. РЛС расположена в неадекватных условиях. Противоречия в расположении неустранимы, так как судно и радар неотделимы.

Поэтому возникла идея, гипотеза возможности ограничения влияния искажений путем оценки и учета внешних воздействий на луч с дальнейшей их корректировкой. Это дает возможность отсечь погрешности и учесть уточненный навигационный параметр, используемый в системах автоматизированной радиолокационной прокладки (САРП), что позволит улучшить точность установления эффективной позиции и элементов движения объектов определяемые с борта судна.

Эффективность использования САРП во многом зависит от степени восприятия судоводителем выдаваемой информации и его способности принимать правильные решения при управлении судном. Существенное значение

имеет также оценка характера опасности наблюдаемых объектов при оперативном наблюдении за возможными изменениями обстановки в процессе маневрирования своего или встречных судов. Хотя современные системы и могут представлять возможные варианты безопасного расхождения и даже оценивать степень опасности встречных судов, окончательное решение о выборе того или иного маневра остается за судоводителями. Только высокая квалификация последних в сочетании с практическим опытом работы на САРП, приобретенным как в плавании, так и в процессе занятий на радиолокационных тренажерах, является залогом эффективного использования названных систем.

Предлагаемые методы автоматизации учета РЛД отвечают стоящим перед судовождением актуальным проблемам обеспечения навигационной безопасности мореплавания и являются эффективными поскольку проведенные расчеты показывают, что затраты на усовершенствование окупаются за 2-3 года эксплуатации судна [2].

На основании решения вспомогательной задачи и объяснения характера влияния факторов (типа груза, препятствий, тропосферы, магнитного поля судна и земли, повреждения антенны [4,5]) на источник и принимая во внимание характер взаимодействия между факторами установили каким образом мы будем влиять и учитывать их для повышения точности.

Предложен алгоритм использования поправок в виде функциональной схемы, определяющей порядок действий оператора системы.

С учетом такого подхода становится очевидным и возможным использование поправок за РЛД автоматически, добавлением этой задачи тому же процессору ARPA. При использовании программы для персонального компьютера, позволяющей учесть все радиолокационные поправки, достигается цель усовершенствования РЛС (ARPA).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Винников В. В. Экономика и эксплуатация морского транспорта. Экономика морских перевозок. Экономические расчеты на морском флоте / В. В. Винников. – Одесса : Феникс, 2003, – 262 с.
2. Экономическое обоснование затрат на новую технику / (методические рекомендации) [В. В. Винников]. – Одесса : Консалтинг, 1997. – 64 с.
3. Дворецкий В. А. Автоматизация учета радиолокационной девиации / В. А. Дворецкий // Судовождение : Сборник научных трудов / Одесская национальная морская академия. – Одесса, 2000. – № 2. – С. 47–49.
4. Дворецкий В. А. Влияние магнитного и электромагнитного полей на радиолокационную девиацию / В. А. Дворецкий, В. И. Коваленко // Судовождение : Сборник научных трудов / Одесская национальная морская академия. – Одесса, 2002. – № 4. – С. 46–51.

5. Дворецкий В. А. Влияние среды распространения на статистические характеристики сигнала / С. В. Андриишин, В. А. Дворецкий // Рибне господарство України – 2006. – № 5/6 (46, 47). – С. 71–75.

Матеріали науково-технічної конференції
" Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт",
24.03.2015 – 25.03.2015.
Частина 2.

Підписано до друку 16.03.2013. 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