

Заказ 1345



ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ПРОЕКТИНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ
ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ, ИНФОРМАЦИИ
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА

ВЫПУСК

6

МОСКВА 1992

ГОД ОСНОВАНИЯ 1987
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

обзорная информация

СЕРИЯ

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА.
СУДОСТРОЕНИЕ**

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА
ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ
СУДОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

рыбное хозяйство

Редактор серии
канд. техн. наук В.А. МАРКИН



Л.В. Ефремов

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ
СУДОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение безопасности мореплавания промышленных судов требует от органов надзора (Регистра и др.) и всех служб флота уделять первостепенное внимание контролю технического состояния судовых технических средств (СТС) на всех этапах их эксплуатации.

При использовании судов по прямому назначению в море судовой экипаж обязан следить за изменением всех рабочих параметров СТС и поддерживать их значения в допустимых пределах путем регулировки рабочих органов или выполнения внеплановых ремонтов. Для этой цели используются штатные приборы контроля (термометры, манометры, индикаторы и др.), в том числе для основного энергетического оборудования специальные автоматизированные системы контроля и сигнализации.

Во время межрейсовых технических обслуживаний и ремонтов работники судовых служб, органов надзора и ремонтных предприятий осуществляют более подробный контроль технического состояния деталей и узлов СТС с использованием средств микрометрической, оптической, ультразвуковой, электромагнитной, капиллярной и другой дефектоскопии. Дефектоскопия выполняется с целью установления перечня восстанавливаемых или заменяемых деталей по мере полной разборки механизма. Такой способ оценки технического состояния СТС не оказывает существенного влияния на сроки и объемы плановых ремонтов, поскольку трудоемкость обязательных работ по дефектации, разборке, сборке,

монтажу и испытаниям машин обычно составляет более 80-90% общей трудоемкости ремонта СТС.

Решить важнейшую задачу по сокращению объемов ремонта СТС можно с помощью третьего направления работ по контролю технического состояния СТС - технической диагностики.

Техническая диагностика (ТД) - это комплекс операций по оценке технического состояния и выявлению дефектов деталей без разборки или с минимальной разборкой машины с целью прогнозирования их остаточного ресурса и перечня работ по предстоящему плановому ремонту.

ТД может осуществляться судовым экипажем во время эксплуатации, а также специалистами технических служб судовладельцев и судоремонтных предприятий перед началом планового ремонта судна.

Контроль технического состояния СТС во время эксплуатации, осуществляемый без оценки остаточного ресурса и перечня работ по ремонту, можно назвать функциональной диагностикой (в отличие от технической диагностики).

Техническая диагностика может выполняться с помощью указанных выше штатных приборов и систем контроля технического состояния СТС, а также средств дефектации. Кроме того, для технической диагностики применяются специальные средства и методы, которые разрабатываются и изготавливаются как отечественными, так и зарубежными предприятиями.

Настоящий обзор содержит информацию о современном состоянии методов и средств технической диагностики по данным технической литературы, документации и проспектов [1-20].

Цель этой работы заключается в том, чтобы помочь специалистам технических служб флота грамотно решать вопросы выбора и использования методов и средств технической диагностики с наибольшей эффективностью. Поэтому здесь особое внимание уделено не только принципу действия и области применения диагностических приборов, но и методам прогнозирования технического состояния СТС с применением ЭВМ.

Обзорная информация может быть использована в качестве учебного пособия для студентов и курсантов технических вузов, проходящих подготовку по специальностям эксплуатации и ремонта судов промышленного флота.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

В процессе эксплуатации детали и узлы СТС подвергаются воздействию внешних нагрузок, что приводит к постепенному ухудшению их технического состояния, возникновению различных повреждений и изменению рабочих параметров машины. Для предупреждения отказов при эксплуатации машины приходится, во-первых, постоянно поддерживать рабочие параметры машин в допустимых пределах путем регулировки их рабочих органов, а во-вторых, периодически выполнять регламентированные правилами эксплуатации работы по техническому обслуживанию и ремонту (ТОР), которые входят в систему планово-предупредительных ремонтов (ППР). Сроки и объемы текущих, средних и капитальных ремонтов устанавливаются с учетом вероятностной природы протекания процессов старения и возникновения повреждений [7].

Согласно отраслевой методике расчета нормативных показателей надежности ресурсы и объемы ремонта назначаются по допустимым вероятностям недостижения предельного состояния для основных видов повреждений [17], исходя из того, что любой экземпляр СТС должен безотказно отработать межремонтный период эксплуатации.

Отсюда следует, что детали конкретных экземпляров судовых машин к моменту наступления срока планового ремонта могут не достигнуть предельных износов. Однако при обычной организации ТОР недостижение предельных износов можно обнаружить лишь путем дефектации деталей при разборке машины во время уже выполняемого ремонта. Для того чтобы сократить объем ремонта или обосновать перенос срока его выполнения, необходимо получить информацию о техническом состоянии деталей без разборки машины.

Эту задачу и призвана решать техническая диагностика (ТД) с помощью специальных средств (СТД), позволяющих оценивать степень повреждений внутренних деталей СТС по диагностическим параметрам СТД.

Диагностический параметр - это физическая величина, непосредственно замеряемая СТД и функционально зависимая от степени повреждения исследуемого элемента СТС.

Диагностические параметры могут быть обобщенными и частными [4].

Обобщенные диагностические параметры отражают интегральное влияние изнашивания различных деталей на работоспособность машин. Например, концентрация продуктов износа в масле характеризует суммарный износ всех деталей дизеля, изготовленных из одинакового материала.

Частный диагностирующий параметр более точно указывает на степень износа конкретной детали. Например, об износе носового уплотнения дейдвудного подшипника можно судить по увеличению протечек воды через этот узел.

Величина диагностического параметра зависит от вида СТД и градуировки его регистрирующего органа. К таким величинам относятся сила тока в А, напряжение тока в В, линейные величины в мм, давление или вакуум в МПа, температура в °С, сопротивление в Ом, уровень вибрации в дБ и др.

Важнейшим критерием оценки технического состояния ТС являются номинальные, допустимые и предельные значения диагностических параметров [2].

Номинальный диагностический параметр соответствует начальному (идеальному) техническому состоянию ТС, в котором оно находится после изготовления, ремонта и периода приработки деталей.

Допустимый диагностический параметр характеризует начало перехода от нормального технического состояния к нестабильному, когда дальнейшая эксплуатация возможна, но повышается вероятность отказа.

Предельный диагностический параметр соответствует переходу в опасную зону эксплуатации, когда вероятность отказа очень высокая (более 50%).

Таким образом, номинальный, допустимый и предельный диагностические параметры характеризуют поле работоспособности машины, которое можно разбить на три зоны [9]:

зона уверенной эксплуатации, ограниченная номинальной и допустимой величинами диагностического параметра;

зона неуверенной эксплуатации, требующая восстановления номинальной величины в удобное время и ограниченная допустимой и предельной величинами диагностического параметра;

зона недопустимой эксплуатации, требующая прекращения эксплуатации для незамедлительного ремонта (регулировки) и находящаяся выше предельной величины диагностического параметра.

В случае оснащения СТД системами сигнализации они должны быть настроены на допустимый диагностический параметр ("желтый свет"), а при достижении предельной величины должен загораться красный свет и срабатывать звуковая сигнализация.

Например, система непрерывного контроля вибрации типа VIB-20 (фирма SPM INSTRUMENT) настроена по следующим критериям оценки скорости вибрации (мм/с): номинальная – не более 1,1, допустимая – 4,5 и предельная – 11. В данном случае диагностическим параметром

является скорость вибрации от неуравновешенных сил инерции машины, которая может возрастать из-за увеличения дисбаланса по мере износа подшипников [10] (рис. 1).

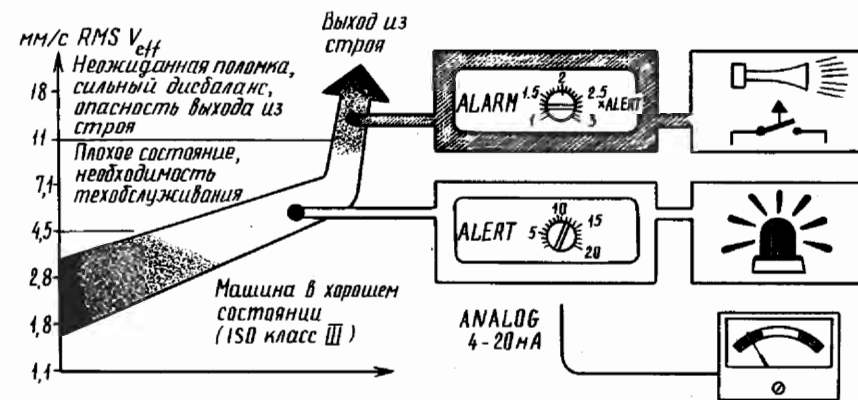


Рис. 1. Схема сигнализации о достижении допустимого и предельного уровней диагностирования

В системе сигнализации VIB-20 имеется два диапазона измерения скорости вибрации – ALERT и ALARM [19]. ALERT – диапазон измерения от 2 до 20 мм/с. Эта ступень предусмотрена для контроля медленного повышения уровня вибраций машины, вызванного износом и незначительными дефектами. По достижении установленного значения (барьера) дается сигнал обслуживающему персоналу. ALARM служит для защиты от неожиданных опасных повышений уровней вибраций, как например дисбалансы, вызванные повреждениями набора лопаток и промежуточных элементов. Посредством реле включается сигнальное предупредительное устройство и/или производится аварийное отключение. Сигнальный барьер может быть установлен на многократное (от 1 до 3-кратного) значение ALERT. Подходящие для каждого типа машин предельные значения рекомендует ISO2372 (VDI 2506).

Аналоговый выход имеет от 4 до 20 мА пропорционально к измеренной интенсивности вибраций. Сила тока установлена так, что она при колебаниях в пределах установленных ALERT значений всегда составляет 12 мА.

Для прогнозирования момента наступления допустимой величины диагностического параметра, а следовательно, и фактического срока

ремонта СТС кроме указанных выше критериев предельного состояния необходимо располагать характеристикой изменения диагностического параметра.

Характеристика изменения диагностического параметра (ХИДП) — это зависимость диагностического параметра, изменяющегося по мере развития повреждения (изнашивания), от времени t :

$$\Pi = f(t). \quad (I)$$

Для определения ХИДП необходимы периодические измерения с помощью СТД. Методика определения ХИДП должна учитывать ее вероятностную природу, т.е. неизбежное рассеивание диагностического параметра из-за влияния условий эксплуатации на изнашивание. Это рассеивание заметно меньше, чем при рассмотрении выборки из всех однотипных СТС, которая изучается при обосновании нормативов сроков ремонта или освидетельствования (в том числе сроков диагностирования). Коэффициент вариации скорости изменения ХИДП составляет не более 10–15 против 50–80% в случае нормативов, поскольку на эту величину влияют только эксплуатационные факторы. Тем не менее прогнозируемый ресурс до наступления допустимой величины диагностического параметра следует определять по нижней границе рассеивания с учетом допустимой вероятности $\gamma_{\text{доп}}$, что гарантирует полную безопасность эксплуатации СТС. Рекомендуется принимать $\gamma_{\text{доп}} = 0,8 [7]$.

Применение СТД для большинства СТС целесообразно совмещать с ШПР. При этом за назначенные ресурсы до текущего, среднего и капитального ремонтов следует принимать наработку, при достижении которой СТС должно пройти освидетельствование для решения вопроса о фактическом объеме ремонта и глубины разборки механизма СТС.

Для этого нами разработаны методика и алгоритм прогнозирования технического состояния на ЭВМ по результатам выполненных замеров с помощью СТД [8].

Методика отличается от ранее известных тем, что в ней за критерий технического состояния принимается не остаточный ресурс $R_{\text{ост}} = R_i - T_i$ (где T_i — наработка до i -го диагностирования), а отношение расчетного ресурса R_1 к назначенному ресурсу R_H до контролируемого вида ремонта или технического обслуживания. Это позволяет решать главную задачу технической диагностики — оценивать необходимость разборки машины для дефектации и ремонта при наступлении планового срока ремонта R_H .

Если $R_1 \leq 0,9R_H$, то объект находится в неудовлетворительном техническом состоянии и подлежит преждевременному ремонту не позднее срока R_H .

Если $0,9R_H \leq R_1 < R_H$, то объект находится в удовлетворительном состоянии, но не может доработать до планового срока R_H .

Если $R_H \leq R_1 < 1,8R_H$, то объект находится в хорошем состоянии и заведомо доработает до планового ремонта.

Если $R_1 \geq 1,8R_H$, то объект находится в отличном состоянии и при наступлении срока ремонта R_H ремонт ему не потребуется.

Такая оценка должна выполняться после каждого диагностирования через время T_1 путем определения диагностируемого параметра Π_1 . Для расчета ресурса R_1 кроме значений T_1 и Π_1 необходимо знать начальное Π_0 и допустимое Π_H значения диагностируемого параметра (рис. 2).

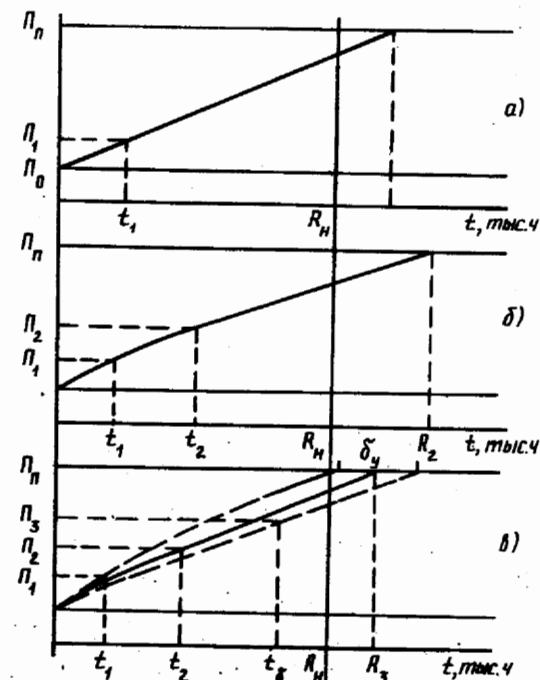


Рис. 2. Оценка расчетного ресурса:
а — по одному измерению;
б — по двум измерениям;
в — по трем измерениям

На основании исследований надежности деталей судовых машин [9, 5] в основу расчета R_1 положена степенная характеристика изменения технического состояния вида:

$$P_1 = P_0 + (P_D - P_0) \sqrt[m]{\frac{T_1}{R_1}} \quad (2)$$

При этом расчетный ресурс R_1 и показатель степени m рассчитываются методом наименьших квадратов по массиву объемом n парных значений:

$$Y_1 = \ln T_1,$$

$$X_1 = \ln (P_1 - P_0) / (P_D - P_0),$$

накапливаемых по мере выполнения диагностирования.

Расчет сводится к определению постоянных A и B уравнения регрессии

$$Y = A + BX$$

с одновременным расчетом коэффициента корреляции r_{xy} и среднеквадратичной ошибки δ . Тогда $m = B$ и $R_1 = \exp(A - \delta)$.

Расчеты по этой методике выполняются при числе замеров $N \geq 2$. При первом диагностировании принимается $N = 1$, а ресурс R_1 рассчитывается по линейной функции (2).

Алгоритм и программы пригодны для любых средств диагностирования, поскольку двухпараметрическая функция (2) позволяет достаточно точно аппроксимировать монотонные процессы изнашивания с учетом их дисперсии под влиянием случайных факторов.

Программа предусматривает следующий диалоговый режим работы пользователя:

1. Ввод адресной информации: дата, номер протокола, заказчик, исполнитель, объект диагностирования, средство диагностики, диагностируемый параметр, размерность наработки и диагностируемого параметра, назначенный ресурс R_H , начальный P_0 и предельно допустимый P_D диагностируемые параметры.

2. Ввод и накопление в памяти массива информации о T_1 и P_1 .

3. Расчет методом наименьших квадратов r_{xy} , m , δ , R_1 .

4. Анализ технического состояния объекта путем сравнения R_1 с $0,9R_H$, R_H и $1,8R_H$ и вывод на дисплей заключения в виде стандартного предложения об уровне технического состояния.

5. Повторение операций п.п. 2 - 4 для каждого следующего значения.

6. Распечатка на принтере протокола результатов расчета стандартной формы.

Программы составлены для ЭВМ "Искра-1256" на языке машины и для ЭВМ IBM на языке "Паскаль" в диалоговом режиме. Она может быть использована как подпрограмма более сложной программы накопления и обработки информации о техническом состоянии узлов судовых машин на бортовых ЭВМ судов с целью автоматизации составления ремонтных ведомостей.

Приведенная выше методика и алгоритм прогнозирования технического состояния СТС пригодны для любого СТС при условии возможности количественной оценки номинальной P_H , допустимой P_D и предельной P_{II} величин диагностических параметров.

Имеется несколько способов определения этих критериев.

Первый способ состоит в установлении функциональной зависимости диагностического параметра Π от степени повреждения (например, износа I) детали:

$$\Pi = f(I).$$

Тогда величины P_0 , P_D и P_{II} определяют с помощью этой функции при соответствующих значениях износа: номинального (установочного) I_0 , допустимого I_D и предельного I_{II} .

Такой способ применяют при однофакторном формировании диагностического параметра. Например, может быть установлена зависимость зазора, который имеется между поршнем и цилиндрической втулкой и уровнем вибрации блока цилиндров.

Второй способ заключается в измерениях диагностического параметра при различных сочетаниях номинальных и допустимых величин, характеризующих наиболее вероятные повреждения. Затем методом многофакторного эксперимента определяются виды повреждений, которые в наибольшей мере формируют диагностический параметр.

Диагностическая информация может быть задана не только в виде числовых величин, но и в форме графических зависимостей какого-либо процесса от рабочих параметров СТС. Такая зависимость, снятая на абсолютно исправном и отрегулированном СТС, называется эталонной. В качестве эталонной зависимости может быть использована, например, индикаторная диаграмма давления газов в цилиндрах ДВС или диаграмма распределения уровней шума в октавных полосах частот.

Отклонение формы таких диаграмм от эталонных зависимостей позволяет определить причины ухудшения технического состояния СТС и планировать меры по их устранению путем регулировок или ремонта СТС.

Методы анализа причин отклонения диагностических диаграмм от эталонных разрабатываются путем специальных экспериментально-теоретических исследований в лабораторных и натуральных условиях.

В результате исследований разрабатывается методика обработки диагностической информации, вносимая в инструкцию по эксплуатации СТС или оформляемая отдельным документом.

При выборе методов и СТС необходимо обеспечивать информативность, стабильность, полноту, чувствительность, доступность, простоту и точность измерений при минимальных затратах времени и средств.

Сложные машины и механизмы могут иметь множество диагностических параметров. Поэтому актуальным вопросом является выбор минимального числа наиболее информативных параметров. Для этого применяются специальные методы предварительных исследований, например, метод минимизации информации на основе графмодели дизеля [7].

Решая задачи оснащения СТС специализированными средствами технической диагностики, необходимо в обязательном порядке изучать надежность деталей и узлов СТС. Например, очевидно, что если в цилиндровой втулке с высокой вероятностью образуются трещины, которые пока нельзя обнаружить без разборки дизеля, то теряется смысл контролировать СТС изнашивания этой детали.

Таким образом, наибольший эффект от СТС можно получить лишь при комплексном подходе к обеспечению надежности СТС в эксплуатации.

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

В зависимости от задач в области применения методов и средств технической диагностики их можно классифицировать по разным признакам [5, 13, 14].

С точки зрения области применения СТС можно подразделить на штатные и специальные [4, 5].

К штатным СТС относятся все инструменты, приборы и системы контроля технического состояния, которые входят в состав имущества судна и находятся на его балансе: термометры, манометры,

расходомеры, микрометрический мерительный инструмент, индикаторы, амперметры, вольтметры и др.

В зависимости от степени автоматизации судна штатные СТС могут оснащаться системами сигнализации и дистанционного наблюдения за диагностическими параметрами.

Штатные СТС в основном предназначены для функциональной диагностики, т.е. для обычного текущего контроля технического состояния. Однако при наличии соответствующих методик, разработанных на основании специальных исследований, они могут использоваться и для технической диагностики. Например, о динамике загрязнения топливных фильтров можно судить по изменению перепада давления топлива до и после фильтра.

Вопрос об использовании штатного СТС для прогнозирования технического состояния еще не достаточно изучен и его решение можно считать весьма актуальной тематикой научных исследований.

К специальным относятся СТС, которые периодически используются специалистами диагностических служб для уточнения работ по ремонту, проверки качества ремонта или определения причин выхода из строя СТС. Как правило, они не входят в имущество конкретного судна, а предназначены для работы на всех судах управления флота. К таким средствам можно отнести специальную виброизмерительную аппаратуру, приборы для записи крутильных колебаний, пневмоиндикаторы для контроля герметичности цилиндров ДВС, уникальные инструменты, средства неразрушающей дефектации и т.п.

С точки зрения назначения СТС подразделяются на универсальные и специализированные.

Универсальные СТС предназначены для измерения определенных физических величин и параметров на любых объектах без учета их особенностей. К таким приборам относятся все известные средства для измерения электрического тока и магнитного поля, температуры, давления и др. В эту группу входят приборы для измерения и спектрального анализа вибрации и шума, средства дефектации и т.п.

Специализированные средства создаются для диагностики конкретных элементов машин. Например, имеются специальные приборы для контроля состояния только подшипников качения или герметичности цилиндров ДВС. Как правило, специализированные средства имеют в своей конструкции универсальные средства (манометры, амперметры и т.д.).

Следует отметить, что универсальные средства могут переходить в разряд специализированных, если они используются в качестве

штатных приборов, встроенных в СТС для контроля конкретных параметров, например, температуры выхлопных газов с помощью термометров, давления наддува дизеля с помощью манометров, расхода топлива или пара с помощью расходомера и т.д.

Универсальные средства могут также рассматриваться как специализированные, если они используются для оценки развития конкретных видов повреждения на конкретных объектах по стандартизированной методике.

Комплекс методик и средств для оценки конкретных видов повреждений называется методом технической диагностики. Например, может быть разработан метод оценки зазора между втулкой и поршнем дизеля по уровню ударных импульсов, замеряемых на корпусе машины. Очевидно, в этом случае необходимо указать марку виброизмерительного прибора и всех его элементов (датчик, тип провода и т.д.), точное место установки датчика, режим работы двигателя во время измерений, критерии предельного состояния, порядок измерений и др. Все эти данные будут относиться только к конкретному типу двигателя.

С точки зрения мобильности СТД можно подразделить на в с т р о е н н ы е и п е р е н о с н ы е. Специальные СТД, как правило, переносные, а штатные могут быть как переносными, так и встроенными.

По видам диагностирования методы и средства диагностирования подразделяются на функциональные и тестовые.

Функциональные методы заключаются в измерении сигналов, возникающих при работе СТС. При тестовом методе диагностирующий сигнал образуется как отражение внешнего воздействия от диагностического средства.

По принципу действия и назначению датчиков методы и СТД можно условно разделить на следующие группы /1,2,5,14,16/:

- параметрический метод;
- инструментальный метод;
- метод диагностирования по герметичности замкнутых полостей;
- виброакустические методы;
- электрические и электромагнитные методы;
- теплоизмерительные методы;
- методы оценки износа по содержанию металла в масле и выхлопных газах;
- методы неразрушающего контроля деталей и материалов (дефектации);
- прочие методы.

Указанный перечень методов не исчерпывает все возможные и вновь разрабатываемые способы измерения физических величин. Существуют методы технической диагностики, сочетающие в себе несколько других методов и СТД /14,15/.

В общем случае любое СТД состоит из следующих элементов (блоков): источник воздействия (при тестовом методе), датчик, каналы связи, усилитель и преобразователь сигнала, блоки измерения, расшифровки и регистрации (записи) диагностического параметра, блок накопления и обработки информации. При этом у современной диагностической аппаратуры блоки измерения, расшифровки, регистрации, накопления и обработки информации создаются на базе видео- и микропроцессорной техники, совместимой с персональным компьютером.

В простейших случаях перечисленные элементы явно не выражены и совмещены в одном устройстве (например, у ртутного термометра).

В современных измерительных системах могут быть все указанные элементы. Конструкция датчиков зависит от принципа измерения физической величины, например, тепловые поля можно мерить за счет расширения ртути или спирта, деформации биметаллической пластины, изменения цвета специальных химических составов и другими способами. О величине давления газов судят по деформации пьезодатчиков, диафрагм, перемещению столба жидкости в дифманометрах и др. Изменение зазоров можно определять микрометрическими (механическими) приборами, путем измерения индуктивности или емкости электрических датчиков и т.д.

Каналы связи датчиков с измерительными блоками могут быть механическими, электрическими, оптическими, лазерными, электромагнитными (с радиопередатчиками) и другими в зависимости от способа передачи энергии от датчика. В частности, оптические и электромагнитные каналы связи являются бесконтактными, что имеет большое значение для устранения помех при некоторых методах диагностики (например, при тензометрировании).

Многие СТД основаны на измерениях микроперемещений элементов датчиков, которые преобразуются в слабые электрические сигналы. Для их распознавания и предназначены блоки усиления и преобразования сигнала. Для этого используются транзисторные усилители переменного тока и другие устройства. Часто усиление сигнала связано с преобразованием одного вида энергии в другой. Например, в шлейфном осциллографе небольшие угловые перемещения зеркала шлейфа под воздействием электрического сигнала создают увеличенное изображение следа от перемещения светового луча на фотоленке.

Примером традиционного устройства блока измерения, расшифровки и регистрации диагностического параметра является стрелочно-шкальное устройство. В этом случае о величине диагностического параметра судят по отклонению стрелки относительно шкалы, которая может быть отградуирована в физических единицах измерения, а не в единицах измерения тока.

Современная аппаратура может регистрировать диагностические параметры путем записи усиленных сигналов на бумагу, магнитофонную ленту, дискету и др. Затем эти записи расшифровываются специалистами.

В приборах последнего поколения эта работа может выполняться компьютерами, встроенными в СТД.

Наиболее современная диагностическая аппаратура совмещается с персональными ЭВМ, в которых результаты периодически выполняемых диагностированных накапливаются в памяти и обрабатываются примерно так, как это показано в первой главе настоящего обзора. В конечном счете это может помочь судовому экипажу выполнить довольно трудоемкую работу — составить ремонтную ведомость для предстоящего ремонта СТС.

СУЩНОСТЬ И ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

П а р а м е т р и ч е с к и й м е т о д технической диагностики заключается в периодическом или непрерывном наблюдении за рабочими параметрами СТС с помощью штатных СТД, в сравнении их с допустимыми величинами и принятии решений по выполнению регулировочных или ремонтных операций.

Оценку технического состояния СТС в этом случае проводят как по частным, так и по обобщенным показателям.

Частные показатели оцениваются по соответствующим штатным приборам. Например, в обязанности судовых механиков входит постоянная регистрация в машинном журнале температуры выхлопных газов в цилиндрах, давления наддува, давления сжатия и сгорания газов в цилиндрах ("гребенки") и других параметров. Для всех них в руководстве по эксплуатации установлены допустимые пределы, которые должны восстанавливаться после обнаружения причин выхода рабочих параметров за эти пределы.

Как было сказано, при наличии соответствующих методик штатные СТД, а следовательно, и параметрический метод можно применять и для

диагностики технического состояния деталей и узлов. Например, об увеличении износа цилиндропоршневой группы можно судить по снижению давления сжатия, замеренного с помощью индикатора "Майтак" при работе на малых оборотах.

К обобщенным показателям относятся выходные показатели назначения СТС, такие как мощность, производительность, удельный расход энергии или топлива и т.п. Обобщенные показатели характеризуют общее техническое состояние СТС или систем, в состав которых они входят.

Например, обобщенными показателями технического состояния дизеля являются мощность и удельный расход топлива при заданной частоте вращения. Далеко не всегда эти показатели можно определить путем непосредственных измерений по штатным приборам. В частности, на практике мощность главного судового дизеля приходится определять косвенным способом по паспортной стендовой характеристике с помощью данных о температуре выхлопных газов, частоте вращения и расходе топлива. Более точно эту величину можно определить путем тензометрирования валопровода с помощью специальной аппаратуры. Но такие измерения относятся к уникальным специализированным методам, которые пока применяются только в научно-исследовательских целях.

Обобщенные показатели, такие как мощность главного двигателя, не могут указывать на причину их изменения без дополнительных исследований других диагностических параметров. Так, повышение использованной мощности от главного двигателя по сравнению с номинальной может произойти из-за обрастания корпуса, повреждения гребного винта, разрегулировки рабочих органов двигателя и других причин.

Таким образом, параметрический метод не следует рассматривать как основной для технической диагностики и он должен использоваться только в сочетании с другими методами.

И н с т р у м е н т а л ь н ы й м е т о д [1, 14] технической диагностики заключается в оценке технического состояния деталей и узлов с помощью универсальных или специализированных мерительных инструментов, как правило, на неработающем и частично разобранным СТС. Этим методом прежде всего оценивают зазоры в подшипниках с помощью щупов или индикаторных головок путем перемещения сопряженных деталей. В частности, так определяют раскаты коленчатых валов, т.е. изменение расстояний между щеками при его повороте вокруг оси, характеризующие качество укладки вала в постелях подшипников.

К специализированным инструментальным методам относятся некоторые инструменты и приборы, приспособленные для контроля технического состояния конкретных элементов СТС. Например, зазоры в головном и кривошипном подшипниках поршневых машин без их разборки можно определить с помощью индикаторной головки, связанной со штоком, который упирается в доньшко поршня, находящегося в ВМГ [5]. Путем перемещения поршня вверх за счет создания вакуума в подпоршневом пространстве по стрелочному индикатору определяют сначала зазор в головном, а затем в кривошипном подшипнике.

При инструментальных методах используются оптические приборы - эндоскопы, предназначенные для осмотра внутренних полостей без разборки для обнаружения повреждений и отложений, например у втулок, поршней и клапанов дизелей [19]. Эндоскопы могут иметь зеркальную или волоконную оптику с источником внутреннего освещения. Например, японская фирма OLIMPUS OPTICAL Co выпускает эндоскопы, состоящие из смотровых трубок диаметром 8 мм, длиной 800-13500 мм с прямым и угловым обзором. В комплект прибора входят также гибкий смотровой светопровод диаметром 8 мм, длиной до 2 м и осветитель. Аналогичную конструкцию имеет эндоскоп ЭЛЖ, изготавливаемый Харьковским заводом точного приборостроения.

К инструментальным методам СТД можно отнести ручные тахометры для точного измерения частоты вращения, в том числе бесконтактным методом. Например, такие приборы марки ТАС-10 выпускает фирма SRM INSTRUMENT.

Метод диагностирования по герметичности замкнутых полостей широко применяется при опрессовке сосудов и деталей, работающих под давлением. В качестве рабочей среды могут использоваться воздух, газы и жидкие вещества (вода, масло и др.). Суть метода состоит в контроле утечек из исследуемых полостей рабочей среды, которая нагнетается туда под определенным давлением.

Контроль утечек может выполняться разными методами с применением универсальных или специальных СТД. Один из них заключается в контроле скорости падения давления с помощью манометра. Полость считается полностью герметичной, если падения давления не наблюдается.

Ряд способов основан на обнаружении следов рабочей среды с внешней стороны исследуемой полости. Например, сплошность сварного шва определяют по окраске смоченной в фенолфталеине ленты под воздействием проникающей через щель рабочей среды - аммиака.

Для дефектации некоторых систем, в том числе и неработающих, применяются течеискатели. Имеются течеискатели, основанные на измерении ультразвука, возникающего при протекании рабочей среды через неплотность. Подобный детектор-течеискатель типа LDE-10 выпускает шведская фирма SRM INSTRUMENT [20].

Мурманская государственная академия рыбопромышленного флота (МГАРФ) разработала и оснащает промышленные суда течеискателями фреона систем холодильных установок. Течеискатель МГАРФ имеет газоразрядный принцип действия. Мощность газового разряда, которая зависит от концентрации фреона, регистрируется стрелочным прибором. Этот течеискатель выгодно отличается от аналогичного прибора американского производства большей чувствительностью, надежностью и меньшей стоимостью.

Метод диагностики по герметичности замкнутых полостей положен в основу специализированных приборов - пневмоиндикаторов, предназначенных для оценки технического состояния цилиндропоршневой группы поршневых машин. Приборы такого типа являются основными СТД дизелей автобусов типа "Икарус", тракторов и других сельскохозяйственных машин. Для судовых дизелей пневмоиндикаторы разработаны ЦНИИМФ, ЛИВТ, ИПК (г. Калининград) и МГАРФ.

Пневмоиндикаторы отличаются друг от друга способом проверки плотности камеры сжатия ДВС. ИПК положил в основу своего пневмоиндикатора упомянутый выше метод контроля скорости падения давления в специальном ресивере, который заполняется воздухом под давлением и соединяется с полостью камеры сгорания. Для оценки скорости падения давления прибор оснащен измерителем времени. Остальные пневмоиндикаторы имеют в своей основе принцип косвенного измерения расхода воздуха через камеру сгорания по перепаду давления в дроссельной шайбе, установленной на пути прохода воздуха от баллона пускового воздуха [5]. Исследования таких пневмоиндикаторов ([5, 9] и др.) показали, что на точность их работы и область применения значительно влияет собственное сопротивление воздухопроводов. Эти приборы позволяют качественно оценивать техническое состояние по трем уровням - плохо, удовлетворительно и хорошо, но без определения причин снижения компрессии и прогнозирования остаточных ресурсов [5].

Область применения пневмоиндикатора ПО-2 ЛИВТа ограничена дизелями с диаметром цилиндра до 320 мм. При этом для каждого конкретного двигателя необходимо устанавливать свою дроссельную шайбу, диаметр отверстия которой выбирается в зависимости от диаметра ци-

цилиндра двигателя. Этот прибор оснащен двумя манометрами. В результате исследования этих свойств прибора ПО-2 в МГАРФ разработана более простая конструкция пневмоиндикатора, которая отличается большим диаметром проходного сечения (18 мм), что снимает ограничения в области применения прибора по диаметру цилиндра. Для этого используются только две сменные тарированные дроссельные шайбы: диаметром 1 мм для цилиндров диаметром до 300 мм и 3 мм для цилиндров диаметром более 300 мм.

Для измерения перепада давления в дроссельной шайбе здесь используется только один манометр, который измеряет сначала давление до шайбы, а затем после шайбы путем поворота трехходового крана. В инструкции по эксплуатации пневмоиндикатора МГАРФ приводится оригинальная методика оценки технического состояния колец и клапанов дизеля без разборки цилиндра с учетом остаточного ресурса.

Это стало возможным благодаря использованию в качестве диагностического параметра не давление P_1 и P_2 до и после шайбы, а диаметр условного переходного сечения $d_{упс}$ камеры сгорания.

Диаметр $d_{упс}$ - это диаметр воображаемого отверстия, площадь которого равна площади всех неплотностей камеры сжатия. Установлено, что

$$d_{упс} = kd_{ш} \sqrt[4]{\frac{P_1 - P_2}{P_2 - P_0}}$$

где k - коэффициент ($k = 1, 2-1, 3$); $d_{ш}$ - диаметр установленной дроссельной шайбы, мм; P_0 - характеристика собственного сопротивления прибора, МПа, которая в приборе МГАРФ равна нулю.

В инструкции даны зависимости для оценки номинального (установочного), допустимого и предельного значения $d_{упс}$ по диаметру цилиндра исследуемого дизеля, а также обобщенная диаграмма для прогнозирования технического состояния на основании промежуточных измерений. Диаграмма имеет зоны отличного, хорошего, удовлетворительного и неудовлетворительного состояния цилиндропоршневой группы в зависимости от того, обязательно или нет разбирать цилиндр при наступлении планового срока ремонта.

Важными указаниями в инструкции является способ установки поршня в ВМТ (путем его перемещения снизу вверх), что обеспечивает прижатие колец к нижним поверхностям канавок.

О причинах снижения плотности камеры сжатия можно судить по скорости изменения $d_{упс}$. Постепенное изменение характеризует изнашивание колец. Резкое увеличение $d_{упс}$ сверх предельной величины указывает на поломку колец или выход из строя клапана. В инструкции также дана методика метрологического контроля работоспособности самого прибора. Для этого его надо продувать воздухом сначала при свободном его выходе из нижнего штуцера, а затем при закрытом отверстии штуцера. В первом случае проверяется чистота каналов. Если $P_2 = P_0$, то проходимость каналов нормальная. Во втором случае определяется герметичность самого прибора, которая соответствует условию $P_2 = P_1$.

Более подробное описание нашего прибора приведено здесь для иллюстрации возможности с помощью сравнительно простого и дешевого прибора решать главную задачу технической диагностики - прогнозировать с высокой достоверностью техническое состояние элемента СТС к моменту наступления планового срока ремонта.

Виброакустические методы [10, 12, 15] технической диагностики охватывают широкую область использования средств измерения низкочастотных и высокочастотных колебаний СТС и их элементов, возникающих при их работе или работе других машин и механизмов судна. К средствам измерения колебаний относятся виброметры и вибрографы, торсиографы, приборы ударных импульсов, шумомеры с комплектом датчиков и фильтров, а также универсальная аппаратура для тензотрирования деталей машин, комплектуемая из датчиков-тензорезисторов, усилителей, осциллографов и другой аппаратуры.

Средства для измерения колебаний можно условно разделить на четыре группы:

приборы сейсмического типа для записи низкочастотных колебаний;
приборы энергетического типа для измерения и записи высокочастотных колебаний;

приборы-дефектоскопы для оценки дефектов с помощью ультразвука;
приборы для измерения знакопеременных деформаций тензотрического типа. Эти приборы регистрируют периодические колебания, которые при анализе могут быть разложены в ряд Фурье на гармонические составляющие, т.е. на гармоники (синусоиды) ν - порядков:

$$x_{\nu} = A_{\nu} \sin(\omega_{\nu} t + \varphi_{\nu}),$$

где x_{ν} - перемещение точки при колебаниях; A_{ν} - амплитуда;

t - текущее время, с; ω_y - круговая частота, рад/с; φ_y - сдвиг по фазе.

Важнейшими параметрами гармонических колебаний являются их порядок ν , амплитуда A_y и частота f_y :

$$f_y = \omega_y / 2\pi$$

или период колебаний:

$$T_y = 1/f_y = 2\pi / \omega_y.$$

Порядок гармоник ν - есть отношение частоты этих колебаний к частоте колебаний основной (с наименьшей частотой) гармоник.

По этим данным можно определить амплитуду виброскорости:

$$v_y = A_y \omega_y = 2\pi A_y f_y$$

и амплитуду виброускорения:

$$a_y = v_y \omega_y = (2\pi f_y)^2 A_y.$$

Эти параметры могут использоваться в качестве диагностических параметров, которые предназначены для измерения колебаний с частотой от 1 до 300 Гц. К ним относятся вибрографы и торсиографы.

Вибрографы записывают вибрацию, т.е. линейные механические колебания (перемещения) точек поверхности СТС в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Торсиографы предназначены для записи тангенциальных (крутильных) колебаний вращающихся масс (например, валов, маховиков и шкифов) вокруг своей оси.

Принцип действия приборов сейсмического типа основан на изменении перемещения относительно друг друга легкой и массивной частей, связанных между собой высокоподатливой пружиной. При этом массивная часть (масса в вибрографе и маховик в торсиографе) при измерении остается практически неподвижной благодаря высокой инерционности, а легкая часть совершает колебания вместе с поверхностью СТС.

В механических приборах относительное перемещение массы и легкой части регистрируется пишущим устройством (например, пером) посредством углового рычага, который одновременно является усилителем записи с масштабом от 1 до 12-15. При этом перо совершает поперечное движение относительно направления движения рулонной бумаги.

В электронных приборах такие перемещения генерируются в электрические сигналы посредством индукционных, емкостных или тензосмет-

рических элементов. После усиления электрические сигналы, пропорциональные колебаниям, записываются на экран или фотоматериалы шлейфного или лучевого осциллографа.

Важнейшими характеристиками приборов сейсмического типа являются рабочий диапазон измеряемых частот и амплитуд. Нижний предел измеряемых частот зависит от собственной частоты колебаний системы "масса-пружина" прибора, а верхний предел - от допустимой скорости движения ленты или развертки.

Для контроля вибрации на судах используется, например, виброграф ВР-1 и ВР-1а - самый простой и дешевый ручной прибор для записи на ленту шириной 25 мм колебаний с частотой от 5 до 100 Гц и амплитудой от 0,05 до 6 мм при масштабе записи 1:6 и 1:12.

Аналогичными или несколько лучшими возможностями обладают вибрографы иностранного производства, например "Спектрометр КН-5" (ФРГ), "Тастограф типа В" (Германия), универсальный прибор "Торсиограф-Виброграф системы Гейгера" (Германия) и др.

Эти и подобные универсальные приборы можно использовать как для контроля общего технического состояния СТС, так и для анализа причин возникающих неисправностей и поломок деталей и узлов. При общей оценке вибрации СТС, обусловленной, как правило, действием сил инерции неуравновешенных масс, применяются общетехнические нормы перемещений (мм), виброскорости (мм/с) или виброускорений (мм/с²). Например, по международным стандартам ISO так определяют допустимые и предельные величины виброскорости. Правилами Регистра регламентируются допустимые амплитуды вибрации в зависимости от вида СТС и частоты вибрации их валов [10]. В инструкциях по эксплуатации многих механизмов даются индивидуальные нормы амплитуд вибрации, которые не должны превышать в эксплуатации.

Следует отметить, что наиболее объективные результаты измерения вибрации можно получить лишь на специально оборудованных мягкими подвесками стендах. В реальных условиях эксплуатации на параметры вибрации влияют жесткость и масса фундамента и присоединенных к СТС систем. При этом амплитуда вибрации может быть как больше, так и меньше так называемой амплитуды равновесия, т.е. амплитуды колебаний собственной массы СТС, возбуждаемых силой инерции, если бы СТС находилось на очень мягкой подвеске [15].

Поэтому вибрационная диагностика может быть только сравнительной и заключаться в периодическом наблюдении за изменением вибрационных параметров по мере изнашивания подшипников и других

тот. Границы октавных полос частот отличаются друг от друга в 2 раза, т.е. 16, 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 и т.д. Гц.

Для разложения уровня вибрации на спектральные составляющие приборы оснащены октавными или третьоктавными фильтрами для каждой полосы частот. В вибрографах для регистрации уровня вибрации используются специальные датчики, которые прикладываются или крепятся магнитом на пластине или струбиной к исследуемой поверхности. Датчиком у шумомера служит микрофон. В таких датчиках имеются миниатюрные упругомассовые системы, которые генерирует переменный электрический ток, энергия которого пропорциональна уровню вибрации или шума. Эта энергия передается на усилитель и преобразователь, а затем через фильтр на стрелочное или самопишущее устройство.

Наиболее распространенными на судоремонтных предприятиях шумо- и виброизмерительными приборами являются приборы ИШВ-1 и ВШВ-003. У них имеются октавные фильтры для измерения виброскорости в диапазоне 70-160 дБ при частотах от 10 до 2800 Гц и виброскорости в диапазоне 40-130 дБ при частотах от 10 до 12500 Гц. Изготовитель прибора - ПО "Виброприбор", г. Таганрог.

В третьоктавных полосах измеряет вибрацию электронный малогабаритный диагностический прибор ЭМДП-3. Изготовитель - завод "Горизонт".

Большой выбор шумоизмерительных средств предлагают зарубежные фирмы. Это прежде всего специализированная датская фирма "Брюль и Кьер", которая поставила отечественным предприятиям большое количество своих приборов: датчиков, усилителей, частотомеров, узкополосных фильтров, магнитофонов как для производственного использования, так и для научных исследований. Эти приборы подробно описаны в технической литературе [14, 15 и др.].

Для судовых специалистов могут представить практический интерес универсальные приборы шведской фирмы SPM INSTRUMENT: виброметр VIB-10 и монитор вибрации VIB-20.

Виброметр VIB-10 является надежным простым прибором для периодического измерения вибрационных величин с целью определения незакрепленных деталей, износа и дисбаланса.

Монитор VIB-20 используется как штатный прибор для измерения вибрации машин. Он оснащен двумя устанавливаемыми пределами сигнальной тревоги (допустимым и предельным) и аналоговым выходом данных о скорости вибрации согласно стандарту ISO 2954.

Детекторы вибрации могут быть подключены к сигнальному центру

системы серии 32 и оснащены аналоговыми каналами для обработки вибрационных и других диагностических параметров.

В основе технической диагностики описанными выше универсальными приборами лежит сравнение спектрограмм с эталонной виброграммой, записанной на полностью исправном СТС по специально разработанной методике для каждого конкретного случая. Для этого необходимо проводить специальные научно-исследовательские работы, о чем уже говорилось. В этом нет необходимости при использовании специализированных виброакустических СТС. В качестве примера рассмотрим приборы для технической диагностики подшипников качения, основанные на методе ударного импульса.

НПО "Спектр" (Москва) и другие предприятия выпускают индикаторы состояния подшипников ЦСП-1, "Звук-1" и "Парус".

Фирма SPM INSTRUMENT предлагает серию приборов для измерения кратковременных ударных волн, возникающих в зоне качения вращающихся подшипников, что дает информацию о состоянии поверхности и смазки.

Наиболее простой для использования прибор - прибор ударных импульсов 43А, у которого в качестве датчика применяется шуп. Анализатор состояния подшипников ВЕА-52 является точным измерительным прибором, управляемым микропроцессором и позволяющим не только обнаруживать дефекты подшипников, но и производить анализ смазки и измерение толщины масляного слоя. Анализатор изготавливается в форме пистолета, на торцовую часть которого выведен дисплей для цифровой индикации результатов измерения.

Анализатор состояния подшипников ВАС-10 имеет в своем комплекте малогабаритный микропроцессор, с помощью которого результаты измерений записываются и накапливаются на дискете, а затем обрабатываются на ЭВМ.

Фирма SPM INSTRUMENT поставляет системы для постоянного (непрерывного) контроля состояния подшипников качения в установках, что снимает затраты на измерения. Система типа 32 дает сигналы о превышении допустимого уровня ударных импульсов подшипников и может поставляться с панелью сигнальных устройств на 50 каналов.

Система ВМС представляет собой полностью автоматизированную систему контроля состояния всех подшипников машин с записью и обработкой результатов на ЭВМ. В составе ВМС имеется 250 измерительных блоков, каждый из которых контролирует 16 подшипников.

Фирма представляет полностью программное и математическое обеспечение для накопления и обработки получаемой при диагностировании

информации. Та же фирма изготавливает и другие специализированные виброакустические приборы и, в частности, детектор-течекскаль LDE-10. Он позволяет обнаруживать протечки из находящихся под давлением систем путем улавливания ультразвука, создаваемого при истечении воздуха или газа через щель.

Заканчивая обзор виброизмерительных СТС, целесообразно еще раз напомнить о необходимости их адаптации к особенностям поврежденный каждого конкретного СТС. Для этого необходимо привлекать высококвалифицированных специалистов в области диагностики.

Электрические и электромагнитные методы [6, 17, 20] имеют большое распространение при контроле технического состояния электрооборудования, а также в качестве комплектующих элементов других СТС. К электронным контрольно-измерительным средствам относятся приборы для определения силы тока, напряжения, мощности, сопротивления материалов, емкости, индуктивности и прочих параметров электрического тока.

Для измерения сопротивления изоляции и других материалов применяют переносные мегаомметры индукторного (с ручным приводом генератора измерительного напряжения) и безындукторного (со статическим источником тока) типа [17].

Мегаомметры выпускаются нескольких модификаций - с номинальным напряжением (при разомкнутой цепи щупов) 100, 500 и 1000 В с пределами измерения сопротивления соответственно 100, 500 и 1000 МОм.

Ток и напряжение измеряют соответственно амперметрами и вольтметрами, класс которых должен быть не ниже 0,5. Для расширения пределов измерения постоянного тока используются схемы включения прибора с шунтами. Расширение пределов измерения переменного тока с помощью амперметра достигается с помощью трансформаторов.

Измерение напряжений в диапазоне от 1 до 500 В выполняется вольтметрами магнитоэлектрической системы непосредственного включения. В цепях переменного тока используются вольтметры электромагнитного или электродинамического типа. Для расширения пределов измерительной шкалы вольтметра применяются добавочные резисторы. Подробный анализ современного состояния электронных контрольно-измерительных приборов дан в работе [3], где рассматриваются аналоговые и цифровые измерительные приборы, осциллографы, источники сигналов, измерители частоты и временных событий, анализаторы спектра, логические анализаторы и автоматическое измерительное оборудование.

В аналоговых измерительных приборах (амперметрах и вольтметрах)

в качестве индикатора используется подвижная катушка или рамка, которая отклоняется пропорционально силе тока или напряжению, увлекая за собой стрелку. Последняя дает показания на отградуированной шкале.

Приборы, которые путем соответствующего переключения их элементов могут измерять ток, напряжение или сопротивление, называются вольт-миллиамперметрами (VOM) или просто мультиметрами. Они содержат в себе, кроме катушки, стрелки и шкалы, резисторы (умножители), шунты и элементы питания (батарейки). При последовательном соединении умножителей последние увеличивают общее сопротивление цепи, что позволяет измерять напряжение любой величины.

При параллельном включении шунтов к измерительной системе (катушке) за счет снижения сопротивления цепи осуществляется измерение тока в разных диапазонах. При использовании внешнего источника энергии выполняется измерение сопротивления материалов, внешний источник включается последовательно с источником питания и сопротивлением. При этом измеряемый ток будет обратно пропорционален сопротивлению. В этом случае шкала градуируется в обратном направлении по отношению к шкале тока и напряжения. К подобным мультиметрам относятся, например, приборы AVOMETER 1000, AVOMETER 5MK6 (THORNEMI INSTRUMENT) и др.

Имеются аналоговые приборы для измерения мощности, работающие по принципу измерения количества тепла, выделяемого при прохождении тока через специальный элемент. Такие приборы называются термоэлектрическими вольтметрами. К ним, например, относится ваттметр ROSAL-DANA 9103 (ROCAL GROUP SERVICES).

Аналоговые приборы имеют широкое применение в технике вообще и при технической эксплуатации СТС в частности. Однако будущее электроизмерений связано с развитием и совершенствованием не аналоговых, а цифровых измерительных приборов. Наглядным примером перспективности таких приборов является аппаратура для записи звука на компакт-диске цифровым способом, что повышает качество записи и воспроизведения звука во много раз. Несмотря на большие стоимость и сложность (на данном этапе развития), цифровая техника обладает более высокой точностью, надежностью и хорошими возможностями для дальнейшего совершенствования.

Цифровые измерительные приборы применяют в мультиметрах широкого профиля, но они могут быть также использованы в качестве дисплея в измерителях мощности, искажений и др.

В общем виде цифровой мультиметр состоит из измерительного

преобразователя, на который поступает аналоговый сигнал, аналого-цифрового преобразователя и дисплея. Измерение напряжения переменного тока производится с использованием так называемого среднеквадратичного значения приложенного напряжения независимо от его формы (синусоидальной и другой). Наряду с этим в технических данных приводится так называемый пик-фактор, который характеризует степень точности измерения и фиксации на дисплее измеряемого напряжения. Процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой заключается в его квантовании через равные промежутки времени.

Каждая дискрета представляется в двоичном коде. Полученное двоичное число затем декодируется для индикации на дисплее. Для обеспечения высокой точности измерений аналоговый сигнал должен быть дискретизирован с частотой, равной двойной частоте изменения измеряемой величины.

В большинстве цифровых мультиметров используются семисегментные индикаторы на жидких кристаллах, которые обеспечивают минимальное потребление энергии (всего несколько микроампер) от батарей. В мощных стационарных мультиметрах могут применяться индикаторы на светодиодах и флуоресцентные индикаторы.

К современным цифровым приборам относятся: портативный мультиметр FLUKE 8021 BCRS COMPONENT Ltd); цифровой прибор для измерения индуктивности, емкости и сопротивления AVO B 183 (THORN EMI INSTRUMENT); мультиметр PHILIPS FM2534 и др.

Осциллографы образуют еще один класс электроизмерительных приборов, которые предназначены для наблюдения и записи переменных напряжений и токов различной формы во времени. В основу конструкции современных осциллографов положена электронно-лучевая трубка (ЭЛТ). Двухмерное изображение на экране ЭЛТ переменного тока получается за счет движения электронного луча.

Рассмотренные электронные контрольно-измерительные приборы могут использоваться как для непосредственного измерения параметров электрических цепей, так и в качестве регистрирующих приборов в составе более сложных СТД, отличающихся друг от друга датчиками. К таким датчикам могут относиться тензорезисторы, индуктивные катушки, переменные конденсаторы и другие элементы, которые включаются в измерительную цепь. Например, при тензометрировании валов тензорезисторы наклеиваются на их поверхность в направлении действующих напряжений. При деформации вала сопротивление тензорезисторов изменяется, что может быть измерено и записано с помощью осциллографа или цифрового мультиметра. Таким образом, можно определить

крутильные колебания валов или замерить крутящий момент и мощность, которые проходят через этот вал.

Электроизмерительные приборы можно использовать, например, для определения количества металлических примесей в масле и других средах. В этом случае в качестве датчика применяется индуктивная катушка с сердечником, перемещение которого, а следовательно, и индуктивный ток находятся в прямой зависимости от количества железа в пробе отработанного масла.

В течеискателях фреона газоразрядного действия датчиком является вольфрамовый игольчатый электрод и пробоотборная головка, между которыми возникает искровой разряд, величина тока которого зависит от концентрации фреона.

Теплоизмерительные методы относятся к традиционным способам оценки технического состояния узлов трения и других элементов, работа которых сопровождается выделением тепла и повышением температуры внешних деталей машин и устройств. Например, в практике широко используется субъективная оценка технического состояния опорных и упорных подшипников валопровода за счет прикосновения к поверхности ладонью руки. Однако объективно оценить температуру деталей можно только с помощью специальных приборов. Теплоизмерительные методы применяются также для контроля рабочих параметров СТС: температуры выхлопных газов, воды, масла, воздуха и др.

Особое значение имеет контроль теплового состояния для паровых котлов, теплообменников, холодильных установок и других СТС.

Кроме того, при измерении любых тепловых параметров необходимо постоянно контролировать температуру окружающей среды (воздуха и забортной воды).

В основе всех перечисленных методов лежит применение специальных теплоизмерительных приборов и средств различного принципа действия. Простейшими теплоизмерительными приборами являются универсальные термометры, работа которых основана на расширении и подъеме столбика ртути, окрашенного спирта или толуола (в капиллярной прозрачной трубке относительно шкалы).

Жидкостные термометры могут использоваться для измерения температуры как среды (газа, воды, масла и т.д.), так и поверхности деталей. В любом случае должен быть обеспечен хороший контакт колбочки термометра с объектом. Это достигается либо за счет стационарной установки термометра в специальное гнездо, либо путем при-

менения ленты хорошо деформируемого станиоля, которой обертывают колбу термометра.

Жидкостные термометры изготавливаются на различные диапазоны температур в зависимости от назначения - в пределах от -100°C до $+400^{\circ}\text{C}$.

Ртутные термометры более точные, чем спиртовые. Однако в любом случае точность жидкостных термометров ограничена шагом температурной шкалы и обычно не превышает $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Такие термометры имеют высокую инерционность и не могут использоваться в дистанционных системах контроля.

Для измерения температуры воздуха применяются термометры и термометры с биметаллической пружиной, которая, деформируясь при изменении температуры, перемещает стрелку относительно шкалы.

Для дистанционного наблюдения за тепловым состоянием СТС и их деталей широкое применение находят термометры сопротивления и термоэлектрические приборы. Они имеют малую инерционность и применяются в сочетании с электроизмерительными приборами.

В термометрах сопротивления используется эффект изменения электрического сопротивления датчика от температуры нагрева. Медный или платиновый элемент датчика включается в диагональ измерительного моста, баланс которого нарушается из-за нагрева элемента, что контролируется аналоговым или цифровым амперметром. К приборам такого типа относится портативный переносной термометр сопротивления ЭПМ-М, измеряющий температуру поверхности деталей в диапазоне от -30°C до $+120^{\circ}\text{C}$.

Принцип действия термоэлектрических термометров основан на изменении в качестве датчиков термопар, которые представляют собой два уложенных рядом разнородных проводника, например медный и константовый, хромель-капеливый и др. Один конец такой пары спаян между собой, а концы проводов с другой стороны включаются в цепь милливольтметра или потенциометра. Из-за разницы температуры в спаяе возникает ЭДС, которая регистрируется измерительным электроприбором в единицах измерения температуры ($^{\circ}\text{C}$). Термопары могут применяться в переносных приборах, в стационарных дистанционных системах и лабораторных установках.

В переносных приборах термопары изготавливаются в виде шупа или съемных датчиков. Примером таких приборов являются термометры цифровые ТПЦ-1-01 и ТПЦ-1-02 (изготовитель НПО "Микроприбор", г. Львов). Они измеряют температуру в диапазоне от 0 до 600°C . Для исследовательских целей применяется самопишущий прибор ЭПМ-09М2

[17], который может записывать температуры сразу в 24 точках установки термопар. Немецкая фирма ANLEBORN MEV UND RLAELUNG TECHNIK поставляет измерители температур с набором контактных термопар THERM 2220 (диапазоны измерения от -10°C до 1200°C).

Для безразборной диагностики важнейшее значение имеет совершенствование еще одного класса приборов - бесконтактных инфракрасных пирометров (тепловизоров).

Шведская фирма ASENS JNFARED SYSTEMS выпускает такие приборы типов THERMOPoint-80 (для температур от -30°C до 1100°C) и THERMOPoint-40 (для температур от -18°C до 870°C). Тепловизоры позволяют не только измерять температуры на расстоянии от объекта, но наблюдать на экране и записывать на специальных фотоматериалах цветные поля на поверхности объекта. При этом каждый цвет инфракрасного изображения на экране характеризует ту или иную температуру объекта. Таким способом, например, специалисты МГАРФ определяют повреждения электрических и тепловых сетей без вскрытия изоляции и грунта, что дает большой экономический эффект.

Тепловизоры незаменимы для контроля технического состояния упругих муфт судовых передач, которые из-за знакопеременных деформаций могут перегреваться и выходить из строя. В частности, так можно определить запретные зоны оборотов от крутильных колебаний упругих муфт без термографирования.

Для оперативного контроля температуры поверхностей деталей машин можно применять специальные термочувствительные химические материалы в виде красок, обзасок и карандашей, которые меняют свой цвет при разных температурах.

Методы оценки износа по содержанию металла в масле и выхлопных газах предназначены в основном для интегрального диагностирования технического состояния цилиндропоршневой группы и подшипников двигателей внутреннего сгорания. Сущность метода заключается в том, что продукты изнашивания этих деталей в виде мелких частиц попадают в масло или выхлопные газы, количество которых и характеризует степень их износа. Контроль продуктов изнашивания в смазочном масле можно осуществлять различными способами: оценкой остатков после изоляции навески пробы масла, методом радиоактивных изотопов, спектральным анализом с помощью электромагнитных индикаторов.

Первый способ заключается в том, что из картера двигателя периодически берется проба масла (30-50 г). Из пробы берут навеску

15 г, которую озолют в муфельной печи и определяют концентрацию железа весовым, колориметрическим или полярографическим методом.

Метод спектрального анализа позволяет определить величину абсолютного износа сопрягаемых деталей и скорость их изнашивания. Сущность метода базируется на эмиссионной спектроскопии с помощью кварцевого спектрографа для фотографирования спектров, генератора для получения дуги переменного тока, спектропроектора для расширения спектрограмм и микрофотометра для фотометрирования спектральных линий исследуемых элементов. В частности, созданная из таких блоков установка МЭС-3 позволяет определять скорость изнашивания разных деталей, содержащих железо, медь, хром, свинец, алюминий, кремний, олово, никель, барий в масле.

При диагностировании двигателей спектральным методом проба масла должна отбираться через 500-700 ч (т.е. при каждой смене масла). Известен метод оценки износа деталей двигателей путем химического анализа масла в фильтруемом элементе тонкой очистки, так как установлено, что до 90% продуктов износа задерживается в фильтрах тонкой очистки. Однако в эксплуатации такой метод применить не удается из-за сложности химического анализа.

Метод радиоактивных изотопов основан на повышении количества радиоактивного изотопа в масле из-за изнашивания активированных деталей. Активизация деталей может осуществляться введением радиоактивного изотопа при их отливке, облучением деталей нейтронами в атомном реакторе, нанесением на поверхность детали радиоактивного электролитического покрытия и введением вставок-свидетелей. Метод вставок получил наибольшее распространение. Вставки изготавливаются из проволоки, состоящей из кобальта (44%), никеля (54%), углерода, магния и фосфора (остальное). Проволока облучается нейтронами в атомном реакторе, что создает радиоактивный изотоп с атомной массой 60.

Радиоактивность измеряют счетчиками Гейгера-Мюллера или сцинтилляционными счетчиками. Последние обладают более высокой чувствительностью и позволяют снизить уровень радиоактивности.

Для распознавания износа различных деталей можно применять разные изотопы и специальную аппаратуру для раздельной регистрации излучений. К недостаткам метода относятся радиационная вредность для организма людей и сложность эталонирования, требующая проведения специальных исследований на каждом конкретном объекте.

Более перспективным методом оценки продуктов изнашивания в масле является применение специальных электромагнитных индикаторов,

например индикатора ИИЗ-2, разработанного ЦТКБ Минморфлота. В индикаторе используются высокочастотные колебания тока, которые подаются на измерительный мост, в одно из плеч которого введена катушка индуктивности, а в другие - элементы настройки по модулю и по фазе. С их помощью мост балансируется, и сигнал с его выхода на трансформатор, усилитель и измерительный прибор не поступает. При введении в полость катушки индуктивности пробирки с частицами железа в масле мост разбалансируется. Сигнал дисбаланса после усиления поступает на измерительный прибор. Такой индикатор позволяет оценивать износы втулок, колец и поршней. Но его чувствительности недостаточно для оценки низких скоростей изнашивания (коленчатого вала и др.). Более чувствительные индикаторы разработаны Ленинградским электротехническим институтом.

Продукты износа цилиндрических втулок и поршневых колец попадают не только в масло, но и в выхлопные газы. При этом на номинальной частоте вращения доля частиц износа в выпускных газах составляет до 2/3 общего износа. Комплексный анализ выпускных газов по методике МГАРФ заключается в следующем. Пробу выпускных газов охлаждают и образовавшийся при этом конденсат собирают в сосуд. По кислотности конденсата и содержанию в нем частиц железа можно судить о скорости изнашивания колец и втулок.

Кроме того, анализ выпускных газов на содержание в них углекислого газа можно выполнить с помощью хроматографов. Очевидно, что описанные выше методы оценки износа по содержанию металла в масле или газах требуют создания хорошо оснащенных измерительной техникой лабораторий.

Методы неразрушающего контроля деталей и материалов [1] в основном используются при дефектации СТС по мере их разборки при ремонтах. Вместе с тем средства дефектации могут применяться для оценки технического состояния корпусов судов, трубопроводов, корпусов машин и других элементов СТС в случае хорошего доступа к ним без разборки.

Поскольку рассмотрение средств дефектации выходит за рамки настоящего обзора, ограничимся лишь кратким перечислением таких средств и методов.

Для обнаружения трещин и других подобных повреждений используются методы магнитной дефектоскопии и капиллярные методы контроля.

В свою очередь к капиллярным методам относятся керосино-меловый цветной и люминесцентный способы обнаружения дефектов на поверхности

деталей. Большое распространение в судоремонте получили ультразвуковые методы дефектации. С их помощью можно не только обнаружить внутренние дефекты, но измерить толщину листов и стенок. Поэтому ультразвуковые приборы позволяют контролировать износ корпуса судна, трубопроводов и других деталей. Для этой цели немецкая фирма KROUТ-KRAMER GmbH выпускает толщиномер типа ДМЗ. Имеются дефектоскопы, работающие на основе просвечивания деталей рентгеновскими лучами и γ -частицами. Однако для диагностики в судовых условиях они непригодны.

К специализированным СТД относятся такие дефектоскопы, как прибор МД-4Ж-02 для контроля зубчатых передач, магнитный толщиномер МТ-4ИЩ для определения толщины лакокрасочных покрытий и др.

Прочие методы и средства технической диагностики. Приведенные выше сведения не исчерпывают всего разнообразия методов и СТД. Например, ряд методов технической диагностики основан на измерении расхода или скорости движения жидких или газообразных сред (воды, топлива, воздуха, газов) с помощью расходомеров различных конструкций. Многие способы контроля за техническим состоянием систем основаны на контроле уровней жидкостей в емкостях (паровых котлах, танках, картерах двигателей и др.) с помощью поплавковых датчиков или мерных стекол.

Для наиболее ответственных СТС и в первую очередь для судовых дизелей за рубежом и у нас в стране создаются специализированные диагностические комплексы. Работа в этой области ведется с различной интенсивностью в разные годы в зависимости от организации технической эксплуатации и ремонта флота.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ СУДОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Степень распространения технической диагностики на флоте рыбной промышленности неодинакова для СТС различного назначения.

Хорошо себя зарекомендовала подсистема технической диагностики корпусов судов в рамках СНТОР-ЗЕМ, разрабатываемая КТИРПХ и внедряемая на флотах Западного и Северного бассейнов.

В этом случае в основном используются обычные средства дефектации (ультразвуковые дефектоскопы, микрометрический инструмент

и т.п.) ввиду хорошего доступа к дефектам корпуса без значительных монтажно-разборочных работ.

При эксплуатации большинства видов СТС используется лишь функциональная диагностика с помощью штатных средств контроля, а техническая диагностика еще не нашла широкого применения и не оказала заметного влияния на затраты по ремонту судов промыслового флота по следующим причинам.

Наибольшее внимание к оснащению СТС средствами технической диагностики уделяется СДВС /5/ - судовым двигателям внутреннего сгорания (главным и вспомогательным), что является не простой и не всегда экономически целесообразной задачей.

СДВС состоят из многочисленных деталей и узлов, подверженных различным видам повреждений, для оценки степени развития которых (без разборки машины) требуются специальные средства и методы ТД. При этом не все виды повреждений могут быть обнаружены современными средствами (например, трещина под буртом цилиндрической втулки). Диагностированию в основном доступны повреждения износового вида, развитие которых сопровождается изменением рабочих параметров машин или каких-либо физических полей (электрических, магнитных, акустических, тепловых и т.п.) и параметров (герметичности, зазоров и др.).

В настоящее время СДВС оснащаются в основном средствами функциональной диагностики, а техническая диагностика может применяться главным образом для контроля состояния деталей и узлов (топливная аппаратура, поршневые кольца и клапаны, мотылевые и головные подшипники), срок службы которых лимитирует техническое обслуживание и текущий ремонт. При функциональной диагностике СДВС в целом во время нормальной эксплуатации судовыми механиками по штатным приборам контролируются все теплотехнические параметры, включая температуру выхлопных газов по цилиндрам с помощью встроенных термометров и работу газов в цилиндрах с помощью индикаторов типа "Майгак" или максиметров. Поддержание этих параметров в требуемых пределах осуществляется в основном за счет регулировки или обслуживания топливной аппаратуры (чистка форсунок, регулировка угла опережения подачи топлива и др.).

Для более точной оценки качества рабочего процесса в цилиндрах путем анализа индикаторных диаграмм промышленность выпускает специальные приборы, включающие в себя пьезоэлектрические датчики давления и вычислительные блоки. К таким приборам относится устройство К-750, поставляемое Киевским ПО "Точэлектроприбор" и др.

Перспективным методом технической диагностики энергетических установок является контроль состояния демпферов крутильных колебаний и упругих муфт путем торсиографирования или применения тепловизоров.

Зарубежные фирмы предлагают современные системы диагностирования судовых дизелей, которые наряду с оценкой теплотехнических параметров осуществляют контроль износа втулок и состояния поршневых колец, температуры деталей цилиндропоршневой группы, состояния турбокомпрессора, давления топлива перед форсункой, крутящего момента и концентрации масляных паров в картере двигателя. Подобные системы разработаны такими известными фирмами, как "Норконтрол", "Зульцер", "Мицубиси дзюкэге", "Симонс", АСЕА, "Сигма" и др. Однако из-за большой стоимости, сложности обслуживания и низкой результативности в наших условиях они не получили широкого распространения на флоте за исключением судов, где научные работники проводят экспериментальные работы в области диагностики.

Более доступны для прогнозирования ТО и текущих ремонтов инструментальные методы с применением устройств для оценки износа головного и мотылевого подшипников, эндоскопов для осмотра внутренней полости камеры сжатия, индикаторов для замера расклевов и др. Важное значение для обеспечения работоспособности судовых дизелей имеет контроль технического состояния турбокомпрессора. Основными видами его повреждений являются изнашивание опорных подшипников, разбалансировка ротора из-за поломки или загрязнения лопаточного аппарата и загрязнения газо-воздушного тракта.

Для контроля технического состояния подшипников и разбалансировки ротора можно использовать виброакустические методы и приборы ударного импульса.

Загрязнение газо-воздушного тракта приводит к снижению степени повышения давления компрессора, что отражается на всех параметрах работы турбокомпрессора и тепловом состоянии. Отсюда следуют методы технической диагностики этого агрегата, в число которых входят инструментальные, теплоизмерительные и параметрические методы.

Инструментальные методы заключаются в применении эндоскопов для оценки степени загрязнения внутренних полостей и лопаточного аппарата, а также микрометрического инструмента для проверки зазоров в подшипниках методом перемещений.

Теплоизмерительные методы реализуются с помощью измерения температуры корпуса термометрами и термощупами.

Наибольшее число исследований посвящено параметрическим методам

диагностики по результатам регистрации основных параметров: частоты вращения, давления и температуры воздуха перед компрессором, давления наддува, давления и температуры газов перед турбиной и после нее.

В работе [18] предлагается простая методика оценки технического состояния турбокомпрессора, основанная на сравнении фактических и стеновых параметров работы турбокомпрессора. С этой целью для каждого типа турбокомпрессора рекомендуется строить графики изменения основных параметров, на которые нанесены зоны хорошего, удовлетворительного и неудовлетворительного состояний. Графики сопровождаются методикой определения степени повреждений различного вида в зависимости от результатов графического анализа.

Для более точного определения исходных данных (диагностических параметров) исследователи предлагают специальные СТД, например для определения частоты вращения.

Состояние поршневых колец и клапанов целесообразно контролировать с помощью простого и недорогого пневмоиндикатора МГАРФ. Для диагностики топливной аппаратуры можно применять виброакустический метод. Исследования показали [19], что путем обработки спектрограмм вибрации корпуса форсунки и топливного насоса удается контролировать ход иглы форсунки, удар клапана топливного насоса и изменение давления впрыска топлива. При зависании иглы распылителя импульсы вибрации исчезают.

Норвежская фирма "Аутроник" использует способ определения неисправности насоса и форсунки по температуре сгорания топлива с помощью термпары, встроенной в крышку цилиндра.

Созданию и изучению свойств СТД топливной аппаратуры посвящена тематика многих институтов и технических вузов. В частности, разрабатываются приборы для измерения расхода топлива, датчики для регистрации процесса впрыска (индукционные, пьезоэлектрические и другие) и т.д. Создаются специальные приборы, регистрирующие все параметры работы топливной аппаратуры. Современные диагностические системы оснащены ЭВМ для накопления и обработки информации.

Для технической диагностики более приспособлены СТС с вращающимися деталями: электромоторы и генераторы, центробежные насосы, редукторы, сепараторы и вентиляторы. Здесь можно и нужно применять теплоизмерительную и виброакустическую диагностику, включая использование специализированных приборов и систем для контроля ударных импульсов подшипников качения. Об износе уплотнений насосов можно судить по величине протечек через сальник. Без глубокой разборки

таких механизмов можно измерять зазоры в узлах (подшипниках, зубчатых зацеплениях и проч.) с использованием инструментального метода. В частности, для этой цели применяются щупы, выжимки или индикаторные головки. Везде, где это возможно, зазоры целесообразно определять методом перемещения одной детали относительно другой в пределах зазора.

Для контроля износа корпусов водяных насосов со стороны воды можно применять ультразвуковые дефектоскопы. Свои особенности присущи технической диагностике электрических машин и преобразователей. Наряду с упомянутыми выше методами виброакустической и теплоизмерительной диагностики для электрооборудования основное значение имеют электроизмерительные методы.

Необходим периодический контроль сопротивления изоляции, частоты вращения якоря, величины тока и напряжения, уровня искрения щеточного аппарата, температуры корпуса и воздуха на выходе из корпуса, воздушного зазора между статором и ротором, биения коллектора, контактных колец и вала.

Техническая диагностика паровых котлов осуществляется прежде всего путем контроля их рабочих параметров: давления и температуры топлива, воды, пара, воздуха и дымового газа, уровня воды в котле, паропроизводительности и расхода питательной воды, расхода топлива и т.д. В процессе водоподготовки необходим химический контроль качества котловой и питательной воды.

На работоспособность и сроки чистки котла значительно влияет загрязнение трубок и коллекторов со стороны газов продуктами сгорания и со стороны воды за счет образования накипи. Это приводит к снижению теплопроводности стенок трубки со всеми вытекающими последствиями — снижению производительности или повышению температуры уходящих газов и корпуса котла. Измерение таких температур можно рассматривать как один из методов технической диагностики поверхностей нагрева котла.

Другой способ, который предложен и используется на Северном бассейне, заключается в контроле скорости подъема давления пара в котле в стандартизированных условиях.

Для безопасности мореплавания первостепенное значение имеет техническая диагностика судового валопровода, гребного и рулевого устройств. Контроль и прогнозирование технического состояния подшипников валопровода сравнительно просто осуществлять теплоизмерительными и инструментальными методами, а также вибрографами сейсмического типа.

Действующие подшипники диагностируются путем контроля зазоров с помощью специальных приспособлений и датчиков при доковании судна, а также по расходу и температуре охлаждающей воды.

Об износе носовых баллонов можно судить по величине протечек через них.

Повреждения лопастей гребного винта и повышенный износ дейдвудного подшипника могут вызвать повышенную вибрацию кормы судна, которая контролируется с помощью вибрографов. Обязательной операцией по контролю и прогнозированию состояния гребного винта является измерение толщины лопастей при доковании судна.

Износ уплотнений поршня механизма изменения шага ВРШ влияет на скорость переладки лопастей ВРШ, которую можно рассматривать как диагностический параметр.

Определение технического состояния рулевого устройства осуществляется путем контроля времени переладки руля с борта на борт, давления жидкости в гидроцилиндрах, концентрации продуктов износа в масле гидросистемы, а также вибрационных параметров с помощью виброметров.

Обязательным условием поддержания любых СТС в нормальном техническом состоянии является периодический контроль их основных рабочих параметров в стандартных условиях, т.е. производительности или мощности при номинальных частотах вращения валов, расходов топлива, масла, воды и других сред.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Из выполненного анализа литературных источников, проспектов и документации следует, что отечественные и зарубежные производители предлагают большое количество методов и средств технической диагностики, устройство которых базируется на последних достижениях науки, техники и электроники.

Методы и средства технической диагностики получили распространение в эксплуатации СТС речного, морского и промышленного флотов наряду со штатными приборами контроля технического состояния, но в основном используются в фундаментальной диагностике, направленной на предупреждение отказов путем регулировки и внеплановых операций по техническому обслуживанию.

Для решения основной задачи технической диагностики по снижению затрат на техническое обслуживание и ремонт флота в целом за счет

прогнозирования технического состояния деталей и узлов с помощью СТД необходима координированная работа проектных и научно-исследовательских подразделений отрасли по изучению надежности СТС и экономическому обоснованию выбора СТД для основных видов СТС. Важнейшее значение для прогнозирования технического состояния деталей и узлов СТС имеют исследования по установлению номинальных, допустимых и предельных величин диагностических параметров для каждого СТД, а также изучение их зависимости от критериев предельных состояний деталей и узлов.

Результаты таких исследований в сочетании с уже разработанной методикой и алгоритмом расчетного СТС прогнозирования технического состояния по данным диагностических измерений позволяют в конечном счете перейти к составлению ремонтных ведомостей на бортовых ЭВМ.

Учитывая актуальность и сложность проблемы технической диагностики, рекомендуется более глубокое ее изучение при подготовке и переподготовке инженерных кадров для эксплуатации флота в технических вузах путем введения соответствующих дисциплин.

Ключевые слова: судовые технические средства, техническая диагностика, методы, средства, особенности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берков В. И. Технические измерения (альбом)/ Учебное пособие. - М.: Высш. школа, 1983. - 144 с.
2. Биргер И. А. Техническая диагностика. - М.: Машиностроение, 1978. - 320 с.
3. Бриндли К. Электронные контрольно-измерительные приборы: Пер. с англ. под ред. А.П.Фомина - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 128 с.
4. Васильев Б. В. Диагностирование судовых дизелей на речном флоте//Двигателестроение. - 1986. - № 3. - С. 15-18.
5. Васильев Б. В., Кофман Д. Н., Эренбург С.Г. Диагностирование технического состояния судовых дизелей. - М.: Транспорт, 1982. - 144 с.
6. Гемке Р. Г. Неисправности электрических машин. - Л.: Энергия, 1975. - 206 с.
7. Ефремов Л. В. Практика инженерного анализа надежности судовой техники. - Л.: Судостроение, 1980. - С.174.
8. Ефремов Л. В., Сверчков С. П. Прогнозирование

ние на ДМ технического состояния судовых машин//Морск. инж. сервис. - 1991. - № 3. - С. 37-39.

9. Ефремов Л. В., Абул Хуссейн Моллах. Диагностирование технического состояния цилиндропоршневой группы дизели с помощью пневмоиндикатора//Судостр. флот рыбн.пром-сти. - 1987. - № 64. - С. 24-26.

10. Ефремов Л. В., Черняховский Э. Р. Надежность и вибрация дизельных установок промышленных судов. - М.: Изд. пром-сть, 1980. - С. 232.

11. Ждановский Н. С., Николаенко А. В. Надежность и долговечность автотракторных двигателей. - Л.: Колос, 1981. - С. 295.

12. Карасев В. А., Максимов В. П., Сидоренко М. Б. Вибрационная диагностика газотурбинных двигателей. - М.: Машиностроение, 1978. - С. 356.

13. Климов Е. Н., Попов С. А., Сахаров В. В. Идентификация и диагностика судовых технических систем. - Л.: Судостроение, 1978. - С. 176.

14. Клюев В. В. Технические средства диагностирования. - М.: Машиностроение, 1989. - С. 198.

15. Клык И. И. Борьба с шумом и звуковой вибрацией на судах. - Л.: Судостроение, 1971. - С. 416.

16. Кушмин Р. В. Техническое состояние и надежность судовых механизмов. - Л.: Судостроение, 1974. - С. 334.

17. Лаворевский Н. А., Шафранский В. А. Дефектаны судовых электрических машин и преобразователей. - Л.: Судостроение, 1990. - С. 96.

18. Оценка технического состояния системы наддува дизеля/ В.М.Скрипкин//Морской транспорт. Сер. Техн. эксплуатация флота: Экспресс-информация/В/О "Мортехинформреклама". - 1990. - Вып. 17(733). - С. 1-4.

19. Попков В. И., Мышинский Э. Л., Попков О. И. Виброакустическая диагностика в судостроении. - Л.: Судостроение, 1989. - 256 с.

20. Проспект фирмы/SPM INSTRUMENT. - Б.М., Б.Г. - 2 с. (Швеция).

УДК 681.326:629.12.06

Методы и средства технической диагностики судовых технических средств/Л.В. Ефремов. – М., 1992. – 40 с.: ил. – (Рыбн. хоз-во. Сер. Эксплуатация флота. Судостроение: Обзорная информация/ВНИЭРХ; Вып. 6).

Даны методы и средства технической диагностики различных судовых технических средств. Показаны направления их совершенствования.