

Список литературы:

1. Николаев Н.И. и др. Характерные неисправности и отказы турбонагнетателей с РОС турбиной судовых дизель-генераторов. – *Морской транспорт. Серия Техническая эксплуатация флота и судоремонт: ЭИ. М., 2002. Вып. 4 (916), с. 1 – 6.* 2. Камкин С.В., Возницкий И.В., Шмелев В.П. Эксплуатация судовых дизелей. – М., Транспорт, 1990, 344 с. 3. Семенов В.С., Трофимов П.С. Долговечность цилиндропоршневой группы судовых дизелей. – М.: Транспорт,

1969, 261 с. 4. Н.И. Николаев, А.И. Епихин, Ю.М. Погодин, Д.В. Лебедев. Исследование влияния некоторых параметров двухкомпонентной рабочей среды на движение дискретных частиц во входном устройстве радиально-осевой турбины турбонаддувочного агрегата. – *Известия ВУЗов. Сев. – Кавк. регион. Техн. науки.* – 2006. 5. Розенберг Г.Ш. Судовые центробежные газопоршневые турбины. – Л.: Судостроение, 1964.

УДК 628.517

Н.И. Николаев, канд. техн. наук, В.А. Савченко, канд. техн. наук

**ОПЫТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ГАЗОТУРБОНАГНЕТАТЕЛЕЙ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Введение

Судовые энергетические установки (СЭУ) современных транспортных судов включают главный и несколько вспомогательных двигателей, обслуживающие их системы. У абсолютного большинства судов в качестве главных и вспомогательных двигателей используют двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Одна из **основных** систем, обеспечивающих работу ДВС – система воздухооборудования, включающая турбонаддувочный агрегат (ТНА), теплообменники и воздухопроводы.

Формулирование проблемы

Анализ отказов и повреждений СЭУ по результатам эксплуатации морских судов и по имеющимся на данный момент публикациям показывает, что значительная часть их приходится на ТНА. В связи с этим исследование причин отказов ТНА ДВС и разработка методов их устранения как на этапах проектирования и изготовления, так и в период эксплуатации – задача актуальная.

Решение проблемы.

Пути и результаты решения такой задачи кафедрой судовых тепловых двигателей академии могут быть проиллюстрированы на примере ТНА RH

143/163 высокооборотного двигателя 6N21AL - DN (мощность 745 кВт., частота вращения 900 об/мин судового дизель-генератора (завод изготовитель YANMAR DIESEL CO.,LTD) и ТНА VTR-304 (ABB, Швейцария) среднеоборотного главного двигателя (ГД) 6PC2-6/2L 400E, (мощность 2870 кВт, частота вращения 520 об/мин, завод изготовитель Jadranbrod - S.E.M.T. Pielstick). Двигатели работают на тяжелых сортах топлива вязкостью 380сСт. ТНА RH 143/163 с радиально – осевой газовой турбиной и подшипниками скольжения, расположенными между дисками рабочих колес турбины и компрессора. ТНА VTR 304 с осевой газовой турбиной и подшипниками качения.

Учитывая сложность поставленной задачи, исследование проводилось по комплексной программе в нескольких направлениях, каждое из которых имеет самостоятельное значение, а совместно они подкрепляют и дополняют друг друга. Наиболее результативны из них следующие:

- сбор и анализ статистических данных об условиях и режимах эксплуатации, основных параметрах и отказах;
- экспериментальные исследования на специальных стендах и судах;

– математическое моделирование процессов и виброакустических характеристик;

– определение вибрационных характеристик.

Для оценки фактической надежности ТНА указанных выше двигателей выбран способ сбора информации об отказах и неисправностях, зафиксированных в период эксплуатации и ремонтов, и анализа собранной информации методами математической статистики.

Качественный анализ отказов и повреждений деталей ТНА типа VTR 304 и ТНА типа RH 143/163 показал следующее:

1. За весь период наблюдений зарегистрировано 209 отказов VTR 304 и 117 отказов RH 143/163.

2. Отказывали практически все крупные детали ТНА. Среди них около 13% фактические отказы для обоих типов ТНА, остальные - потенциальные. И фактические, и потенциальные отказы наблюдались во всех рассмотренных случаях.

3. По характеру были отказы как постепенные (накапливающиеся), так и внезапные.

4. По способу устранения все отказы были устранимы в условиях эксплуатации.

5. Чаще всего отказывали подшипники.

6. Особое место занимает газоприемный патрубок (улитка) турбины ТНА RH 143/163. Всего было зафиксировано 14 отказов, среди которых такие как трещины, прогорания, местные разрушения неизвестного происхождения.

7. Значительное количество отказов дают уплотнения. Очевидно, эти отказы являются следствием отказов подшипников, и рассматриваться как отказы, влияющие на надежность ТНА, не могут.

Предварительный количественный анализ с построением дерева и гистограммы отказов позволил выявить слабые элементы. Таким образом, была получена фактическая надежность ТНА и отдельных его звеньев в эксплуатации. Однако истинная причина отказов осталась невыделенной.

Поэтому параллельно с анализом статистического материала и с учетом полученных результатов этого анализа были произведены поиск слабых звеньев ТНА и исследование причин их разрушения методами вибродиагностики. Такой подход позволяет получить большую по объему и достаточно точную информацию о возможных причинах наступления отказов. Трудность заключается в сложности самого процесса получения и расшифровки этой информации. Опыт решения аналогичных задач подсказывает, что различные по конструкции и имеющие свои особенности эксплуатации механизмы целесообразно исследовать по специально разработанным для этих механизмов методикам. применительно к ТНА хорошие результаты дает методика контроля вибрации. Согласно этой методике измерительный тракт для измерения вибрации формировался из акселерометра типа 4369, измерительного магнитофона типа 7006 с блоками ZM 0053 фирмы “Брюль и Кьер”. Расположение акселерометров на объекте в наших исследованиях приведено на рис. 1.

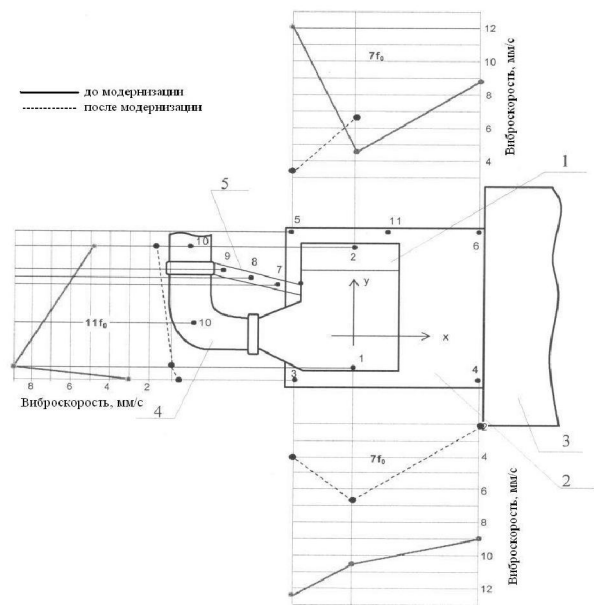


Рис. 1. Распределение уровней вибрационной скорости по поверхности ТНА в осевом и горизонтальном направлениях
1 – ТНА; 2 – фундаментная плита; 3 – корпус дизеля; 4 – трубопровод; 5 – крепление (стойка)

Обработка магнитных записей осуществлялась на анализаторе спектра и ПЭВМ по специальной программе с использованием функции быстрого преобразования Фурье и преобразований Гильберта.

Результаты обработки экспериментов приведены на рис. 1 (сплошные линии).

Учитывая, что вибрация ТНА и его фундамента определяются в основном двумя факторами (собственно работой ТНА и работой ГД), был проведен когерентный анализ спектрального состава вибрации. Он показал, что в низкочастотной части спектра примерно до 400 Гц суммарный уровень вибрации обусловлен работой ГД. Только в высокочастотной части спектра вибрация корпуса ТНА обусловлена его собственной работой.

В исследовании учитывалось, что причиной повышенной вибрации механизмов и конструкции может быть не только значительная вибрационная интенсивность рабочих процессов, но и наличие резонансных явлений, обусловленных податливостью конструкции силовым воздействием.

Для выявления резонанса в элементах исследуемой системы были выполнены вибрационные измерения в динамике с помощью измерительного тракта, приведенного на рис. 2. Исследование динамических характеристик позволило принять решение о внесении конструктивных изменений в исследуемый объект.

В конкретном случае было выбрано два варианта модернизации механической системы “ГД–ТНА”:

1) произведена замена штатного ТНА VTR–304 с подшипниками качения на ТНА ТК–23Н с подшипниками скольжения, обладающей большей несущей способностью и надежностью в условиях вибрации. Подбор ТНА на замену осуществлялся с помощью специально разработанной математической модели для проверочного расчета компрессора и турбины.

2) с целью ряда собственных частот ТНА от частот возмущающих сил принято решение: для уменьшения низкочастотного воздействия изменить трассировку и увеличить жесткость крепления воздушного трубопровода.

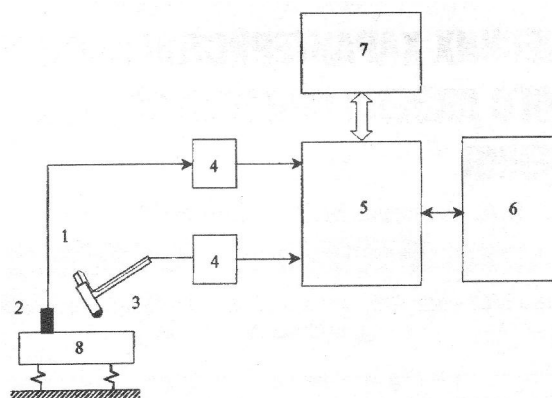


Рис. 2. Структурная блок-схема тракта для измерения податливости (соприкосновения) при ударном возбуждении

1 – вибропреобразователь для регистрации силы ударного возбуждения; 2 – вибропреобразователь; 3 – измерительный молоток; 4 – усилитель заряда; 5 – двухканальный анализатор; 6 – двухкоординатный самописец; 7 – ПЭВМ; 8 – исследуемый объект

Последующее математическое моделирование комплекса “ТНА–фундамент ТНА– воздушный трубопровод” и расчеты подтвердили правильность принятых решений.

Измеренные после модернизации уровни вибрации в районе ТНА (рис. 1) снизились практически во всех точках и достигли значений удовлетворяющих требованиям ISO 2372.

Заключение

В результате разработанных и внедренных модернизационных мероприятий повысилась надежность ТНА и эффективность эксплуатации двигателей.