

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова»

В.В. Кияница, А.И. Лычаков

**Вибрационная диагностика
и виброналадка механизмов
судовых энергетических установок**

Учебное пособие

Архангельск
САФУ
2016

УДК 628.517
ББК 31.16
К46

*Рекомендовано к изданию учебно-методическим советом
Северного (Арктического) федерального университета
имени М.В. Ломоносова*

Рецензенты:
генеральный директор АО «НИПТБ «ОНЕГА»
кандидат технических наук **К.Н. Куликов**,
заместитель главного конструктора по акустической защите –
главный акустик ОАО «ЦС «Звездочка» **С.В. Хворов**

Кияница, В.В.
К46 Вибрационная диагностика и виброналадка механизмов судовых энергетических установок: учебное пособие / В.В. Кияница, А.И. Лычаков; под ред. проф. А.И. Лычакова; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск: САФУ, 2016. – 103 с.: ил. ISBN 978-5-261-01195-8

Учебное пособие содержит сведения о современных методах диагностики технического состояния судовых механизмов и современных программно-аппаратных средствах для проведения виброакустической диагностики и соответствует разделу «Вибродиагностика» учебного курса «Прикладная акустика», который изучают студенты специальности «Судовые энергетические установки».

Может быть полезно инженерам и аспирантам, интересующимся проблемами надежности судового оборудования.

УДК 628.517
ББК 31.16

ISBN 978-5-261-01195-8

© Кияница В.В., Лычаков А.И., 2016
© Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, 2016

Введение

Одним из основных факторов безаварийной эксплуатации кораблей является поддержание в работоспособном состоянии судовых технических средств: турбозубчатых агрегатов, главных дизелей, редукторов, подшипников линии вала, турбо- и дизель-генераторов, компрессоров, насосов, вентиляторов, электрических машин, брашпилей и др.

В течении всего цикла эксплуатации рабочие параметры судовых технических средств (СТС) должны проверяться и контролироваться на соответствие установленным допустимым значениям. В случае отклонения рабочих параметров необходимо выявить причину отклонений, запланировать и выполнить ремонт.

Цикл эксплуатации корабля включает непосредственную эксплуатацию по прямому назначению и систему периодических осмотров и ремонтов:

- техническое обслуживание;
- навигационный ремонт;
- доковый ремонт;
- средний (заводской) ремонт;
- капитальный ремонт;
- аварийный ремонт;
- ремонт с модернизацией;
- ремонт с переоборудованием.

Сроки и объемы ремонтов регламентированы Правилами Морского и Речного регистров РФ (МР и РР РФ).

Перед выполнением ремонта производится освидетельствование СТС, целью которого является определение фактического технического состояния и диагностика дефектов, на основании которых должны быть определены объемы ремонта.

Правилами МР и РР РФ предлагаются два подхода при проведении предремонтного освидетельствования СТС – с помощью «разрушающих» и/или «неразрушающих» методов контроля.

В первом случае освидетельствование включает:

- подготовительные операции;
- частичную или полную разборку механизма;
- зачистку рабочих поверхностей;
- измерительные операции;
- визуальный контроль чистоты сопрягаемых или трущихся поверхностей на наличие потертостей, царапин, трещин, раковин, наклепов и т.п.;
- инструментальный контроль чистоты сопрягаемых поверхностей, твердости материала, величины нормируемых зазоров, глубины коррозионных разрушений, обнаружение скрытых трещин в материалах и т.п.

По принятой в судостроении терминологии операции с применением «разрушающего» контроля носят название **дефектации**. Проведение дефектации, как правило, ведет к выводу СТС из строя, и для восстановления работоспособности требуется как минимум замена резиновых уплотнений, сальниковых набивок, восстановление непроницаемости гидравлических частей СТС и т.п.

В случае применения «неразрушающих» методов контроля разборка механизмов не требуется, а контроль рабочих параметров проводится при помощи инструментальных технических средств:

- визуальный контроль с применением техноэндоскопов;
- измерение и оценка вибрации (виброметрами);
- поиск скрытых трещин при помощи ультразвуковых дефектоскопов, магнитопорошковой, рентгеновской и люминисцентной дефектоскопии;
- химический анализ смазки (химическими анализаторами);
- контроль физических параметров процессов при помощи специальных датчиков-преобразователей и измерительных приборов (например, измерение индикаторных диаграмм давления в камерах сгорания дизелей или измерение температуры нагрева поверхности СТС).

Необходимо заметить, что применение «неразрушающих» методов контроля при освидетельствовании может производиться только при работоспособном состоянии механизмов. Очевидно, что измерение вибрации, шума, давления, температуры требует, чтобы технические средства функционировали.

Применение того или иного метода освидетельствования диктуется сложностью и ответственностью СТС, например, главный дизель судна является самым важным с точки зрения живучести,

поэтому к освидетельствованию этого механизма подходят наиболее тщательно и применяют несколько методов, как «разрушающих», так и «неразрушающих». Для простых механизмов, например электровентилятора, возможно применение более простых методов освидетельствования – визуальный контроль и измерение вибрации.

Проведение предремонтной диагностики производится диагностическими лабораториями судоремонтных предприятий и специализированными измерительными лабораториями, которые должны иметь аккредитацию (одобрение) органами МР и РР РФ.

Не менее важным представляется проведение контроля состояния СТС непосредственно в периоды эксплуатации по прямому назначению силами экипажа судна. Как правило, судовые механики не имеют в своих руках технических средств для измерения рабочих параметров, а информация о вибрации, температуре нагрева, частоте вращения ротора, прослушиваемом шуме может своевременно предотвратить развитие дефекта и исключить отказ.

В последнее время при эксплуатации и ремонте судов широкое применение получили методы вибрационной диагностики, основанные на измерении и анализе параметров вибрации.

Задачи настоящего учебного пособия:

- ознакомить студентов с организацией измерений, анализа и оценки вибрации механизмов;
- дать знания по основным методам вибрационной диагностики СТС;
- ознакомить студентов с современными измерительно-анализирующими вибродиагностическими приборами;
- дать понятия об акустической доводке и методах виброналадки СТС.

Пособие основано на практическом опыте авторов по преподаванию предмета «Прикладная акустика» и практическому применению методов вибрационной диагностики в судостроении.

Оглавление

Введение	3
1. Обеспечение качества эксплуатации судового механического оборудования	6
2. Основные определения и понятия в технической диагностике	9
3. Колебания и волны в механических системах.....	13
3.1. Основные сведения о колебании	13
3.1.1. Свободные (собственные) колебания системы.....	15
3.1.2. Вынужденные колебания	18
3.2. Распространение колебаний в упругой среде. Волны.....	19
3.2.1. Параметры вибрации.....	20
3.2.2. Единицы измерения вибрации	23
3.3. Формы представление вибрации.....	23
Вопросы для самопроверки.....	26
4. Измерение и анализ вибрации	27
4.1. Вибропреобразователь	28
4.2. Предварительный усилитель.....	32
4.3. Индикатор перегрузки	34
4.4. Блок обработки.....	34
4.4.1. Полосовые фильтры.....	35
4.4.2. Блок обработки для получения общего (суммарного) значения амплитуды вибрации	40
4.4.3. Блок обработки для получения амплитудно-частотного спектра.....	40
4.4.4. Блок обработки для получения осциллограмм	42
4.4.5. Классификация вибросигналов	43
4.5. Детектор.....	44
4.6. Индикаторы	44
4.7. Приборы-вибromетры для измерения вибрации	45
4.7.1. Портативный анализатор звука и вибрации SVAN 912AE...	46
4.7.2. Анализатор спектра ZET 017-U2.....	47
Вопросы для самопроверки.....	51

5. Методика измерения вибрации.....	52
5.1. Требования к аппаратуре для измерения вибрации	52
5.2. Выбор вибродатчика.....	53
5.2.1. Крепление вибродатчика на объект измерения	53
5.2.2. Выбор мест установки вибродатчика	56
5.3. Методы измерения вибрации	57
5.3.1. Измерение формы колебаний.....	57
5.3.2. Измерение общих значений (уровней) вибрации	58
5.3.3. Анализ ударных импульсов	61
5.3.4. Анализ кепстров	62
5.3.5. Порядковый анализ	64
5.4. Нормирование вибрации	64
5.4.1. Нормирование по общим значениям вибрации	64
5.4.2. Нормирование в 1/3-октавных (октавных) полосах частот	66
Вопросы для самопроверки.....	68
6. Технология проведения вибрационной диагностики	69
6.1. Схема проведения работ по вибрационной диагностике СТС	70
6.2. Мониторинг технического состояния	72
6.3. Диагностика дефектов.....	76
6.3.1. Неуравновешенность ротора.....	77
6.3.2. Несоосность валов (расцентровка).....	80
6.3.3. Вибрации подшипников	84
6.3.4. Вибрация зубчатых редукторов	89
6.3.5. Ударные вибрации.....	91
6.3.6. Вибрации гидродинамического и аэродинамического	
происхождения	92
6.3.7. Электромагнитные вибрации.....	93
6.4. Общие рекомендации по вибрационному диагностированию	
механизмов	94
Вопросы для самопроверки.....	97
7. Рекомендации по практической вибрационной диагностике.....	98
Нормативно-технические документы.....	100
Список литературы	101