

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(ФГОУ ВО «МГТУ»)

Кафедра «Судовых энергетических установок»  
название кафедры

**Методические указания  
к самостоятельной работе курсантов и студентов**

По дисциплине: Б1.В.ДВ.10.02\_Вибрация судна\_26.03.02

Специальность 26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов  
морской инфраструктуры

Профиль Судовые энергетические установки

Мурманск  
2019

Составитель - Сергеев Константин Олегович к.т.н., доцент кафедры СЭУ/

МУ к СР рассмотрены и одобрены на заседании кафедры Судовых энергетических установок 14.06.2019 протокол № 10

Рецензент - Злобин Алексей Валентинович доцент кафедры СЭУ МГТУ/

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
1. Общие организационно - методические указания	3
2. Тематический план.	4
3. Список рекомендованной литературы	4
4. Содержание и методические указания к изучению тем дисциплины	5

### 1. ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методические указания разработаны на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 26.03.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры», направленность/профиль Судовые энергетические установки,  
(код и наименование направления подготовки)

утвержденного 03 сентября 2015 года, приказ № 960 Министерства образования и науки РФ, и рабочего учебного плана, утвержденного ректором и одобренного Ученым советом  
обозначение или наименование другого документа университетского уровня

МГТУ 28.02.2019 года, протокол № 07

### 2. Цели и задачи учебной дисциплины (модуля).

**Целью дисциплины «Вибрация судна»** - подготовка бакалавров в соответствии ФГОС ВО и рабочим учебным планом направления 26.03.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры» направленность/профиль Судовые энергетические установки.

**Задачи дисциплины «Вибрация судна»** - дать будущим специалистам необходимые для практической работы знания в области вибродинамики машин и корпусных конструкций, методов борьбы с вибрацией корпуса судна и судового оборудования, методик и оборудования для вибродиагностики.

## 1. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной подготовки по формам обучения	
	Очная форма	Заочная форма
<b>Модуль 1</b>		
1. Введение. Цели и задачи курса. Механические колебания, свободные и вынужденные колебания упруго массовых систем, термины и определения.	2	4
2. Вибрация, термины и определения, методы измерений.	6	10
3. Основы виброметрии. Первичные преобразователи. Спектрально - корреляционные методы. Спектральный анализ в постоянных абсолютных и постоянных относительных полосах частот.	8	10
4. Возбудители вибрации, внешняя и внутренняя неуравновешенность тел вращения, возмущающие силы и моменты ДВС, крутильные колебания.	8	10
5. Вибрационные нагрузки. Нормирование вибрации, нормы РМРС, санитарные нормы	8	15
6. Методы снижения виброактивности судового оборудования. Балансировка машин роторного типа. Определения причин повышенной вибрации корпусных конструкций и механизмов.	8	15
7. Амортизирующие крепления, основы метода расчета. Оценка эффективности.	10	15
8. Вибродиагностика судового оборудования: подшипники качения, подшипники скольжения, зубчатые передачи, насосы.	10	15
<b>Всего по модулю</b>	<b>60</b>	<b>94</b>

### Перечень основной и дополнительной учебной литературы,

#### Основная

1. Постнов, В.А. Вибрация корабля: Учебник / В.А. Постнов, В.С. Калинин, Д.М. Ростовцев. – Л. : Судостроение, 1983. – 248 с
2. В. В. Баранов. Монтаж, техническое обслуживание и ремонт судовых энергетических установок.– Спб. : Судостроение, 2011.- 352с

#### Дополнительная литература

3. Правила классификации и постройки морских судов. Т 2 Часть VII. Механические установки. РМРС. СПб. : 2019,
4. Правил технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов'. Часть V, пункт 18.7. РМРС. СПб. : 2019.
5. Ефремов, Л.В. Надежность и вибрация дизельных установок промысловых судов / Л.В. Ефремов, Э.Р. Черняховский. - М. : Пиш. Пром., 1980.-232

## Содержание и методические указания к изучению тем дисциплины

### 1. Введение. Цели и задачи курса.

**Механические колебания, свободные и вынужденные колебания упруго массовых систем, термины и определения.**

#### *Методические указания*

При изучении вопросов темы рекомендуется обратить особое внимание на определение и область использования различных вибрационных параметров, уяснить взаимосвязь между ними. Следует познакомиться с современной измерительной аппаратурой.

**Литература:** [1], с. 3-9; [2], с. 80-106

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Что такое собственные колебания?
2. Что такое резонансные колебания?
3. Что понимается под общим уровнем вибрации?
4. Что такое упруго-массовая система?
5. От каких параметров зависит частота собственных колебаний?

### 2. Вибрация, термины и определения, методы измерений.

#### *Методические указания*

При изучении этой темы необходимо уяснить, что понимается под вибрацией механизмов, в каких единицах измеряется вибрация, как нормируется вибрация в правилах Регистра, какие приборы используют для ее измерения. Необходимо усвоить, то для вибрации механизмов и корпуса используют разные нормы, а вибрация механизмов нормируется по их типам. Необходимо познакомиться с приборами для измерения вибрации и их характеристиками

**Литература:** [1], с. 9-11; [2]

#### *Вопросы для самопроверки*

1. В каких единицах может измеряться вибрация?
2. Что такое децибелл?
3. Как осуществляется переход от одних единиц вибрации к другим, приведите пример.
4. Какие приборы применяются для контроля вибрации

### 3. Основы вибromетрии. Первичные преобразователи. Спектрально - корреляционные методы. Спектральный анализ в постоянных абсолютных и постоянных относительных полосах частот.

#### *Методические указания*

Рекомендуется обратить особое внимание на спектральный анализ и пути сжатия спектральной информации путём использования логарифмического масштаба амплитуд и логарифмического масштаба частот (октавный и треть-октавный анализ). Необходимо уметь рассчитать ширину и границы октавных и третьоктавных полос, пересчитать уровни параметров в абсолютные значения. Необходимо уяснить различие между стационарными и нестационарными сигналами, особо обратив внимание на понятие о стационарном случайном сигнале.

**Литература:** [1], с. 58-69

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Какой вибрационный параметр непосредственно измеряет датчик-акселерометр?
2. Какую операцию обязательно используют при измерении виброскорости с помощью датчика-акселерометра?
3. На каком физическом эффекте основано действие датчиков-акселерометров?
4. Какой датчик вибрации является основным в современных виброметрах?
5. Какой из вибрационных параметров характеризует высокочастотную вибрацию?

#### **4. Возбудители вибрации, внешняя и внутренняя неуравновешенность тел вращения, возмущающие силы и моменты ДВС, крутильные колебания.**

##### *Методические указания*

Необходимо разобраться с причинами возникновения вибрации. К вибрации судового ДВС приводит внутренняя неуравновешенность обусловленная силами инерции действующими в кривошипно-шатунном механизме.

К вибрации роторных механизмов: генераторов, электродвигателей, насосов, вентиляторов приводит некачественная центровка механизма или дисбаланс вращающихся деталей. Вибрацию редукторов и двигателей могут вызывать так же и крутильные колебания, возникающие в коленчатом валу или валопроводе.

Вибрацию корпуса вызывает работа гребного винта и обтекание корпуса судна потоком воды.

**Литература: [1], с. 16-42**

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Что такое крутильные колебания?
2. Какие частоты возбуждаются при плохой центровке механизмов?
3. В чем измеряется дисбаланс деталей вращения?
4. Причины, вызывающие вибрацию судовых ДВС.
5. Какие частоты вибрации возбуждаются внешней неуравновешенностью судового ДВС?
6. Какие частоты вибрации возбуждаются рабочим процессом судового дизеля?

#### **5. Вибрационные нагрузки. Нормирование вибрации, нормы РМРС, санитарные нормы.**

##### *Методические указания*

Вибрация вызывает повышенные механические нагрузки на механизмы и судовые фундаменты. При больших уровнях вибрации возможно разрушение отдельных частей механизмов и возникновения трещин в судовых фундаментах. Поэтому Российский морской регистр судоходства (РМРС) нормирует уровни вибрации для исключения разрушения механизмов и фундаментов. Кроме того нормируется вибрация и с точки зрения исключения ее вредного влияния на обслуживающий персонал. Это санитарные нормы.

Нормы вибрации РМРС приведены в Главе 9 Части VII «Правил классификации и постройки морских судов». Кроме того, в Приложении 3 к руководству по техническому наблюдению за судами в эксплуатации содержится «Инструкция по использованию достоверных показаний встроенных систем и переносных средств диагностирования и неразрушающего контроля.

**Литература: [1], с. 72-75; [2]**

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Какие спектры применяются Регистром для нормирования вибрации судового оборудования?

2. В каком частотном диапазоне нормируются уровни вибрации по правилам Регистра?
3. В каких единицах нормируются Регистром уровни вибрации судового оборудования?
4. В каких точках и в каких направлениях производится замер вибрации, согласно требований Регистра, у судовых дизелей?
5. В каких точках и в каких направлениях производится замер вибрации, согласно требований Регистра, у судовых насосов?
6. В каких точках и в каких направлениях производится замер вибрации, согласно требований Регистра, у сепараторов?
7. Какие приборы применяются для контроля вибрации?

## **6. Методы снижения виброактивности судового оборудования. Балансировка машин роторного типа. Определения причин повышенной вибрации корпусных конструкций и механизмов.**

### *Методические указания*

Методы снижения вибрации судовых механизмов можно разделить на две группы.

К первой группе можно отнести методы снижения вибрации за счет более качественной центровки судовых механизмов или проведения балансировки роторного оборудования. Ко второй группе можно отнести установку вибрирующего оборудования на амортизаторы.

Для уменьшения дисбалансов роторных механизмов используют операции балансировки. Различается статическая и динамическая балансировки.

Для определения причин повышенной вибрации используется узкополосный анализ позволяющий выявить частоту возбуждающих сил, а затем и причину вибрации.

**Литература:** [1], с. 83-105; [2], с. 136-140

### *Вопросы для самопроверки*

1. Что такое балансировочная чувствительность?
2. Что такое балансировка методом обегания пробным грузом?
3. Что такое метод фаз и амплитуд?
4. Какие виды расцентровки существуют?
5. В чем измеряется дисбаланс роторного оборудования?
6. Какие методы балансировки Вы знаете?

## **7. Амортизирующие крепления, основы метода расчета. Оценка эффективности.**

### *Методические указания*

Для защиты судовых фундаментов используют установку вибрирующего оборудования на специальные устройства – амортизаторы. Необходимо разобраться с конструкцией притемняемых амортизаторов - пружинных, резиновых, резиново-металлических и т.д. Амортизаторы устанавливаются, как в нижней части оборудования (вертикальная вибрация), так и для снижения перемещения оборудования в траверсном направлении.

**Литература:** [1], с. 105-122; [2], с. 140-156

### *Вопросы для самопроверки*

1. Как устроен амортизатор типа АКСС 400М?
2. В чем цель установки судовых ДВС на амортизаторы?
3. Как устроен пружинный амортизатор?

4. Каким методом можно определить эффективность амортизаторов?
5. Каким образом подбирается амортизатор по грузоподъемности?

## **8. Вибродиагностика судового оборудования: подшипники качения, подшипники скольжения, зубчатые передачи, насосы**

### *Методические указания*

При изучении вопросов темы рекомендуется обратить особое внимание на особенности вибрации и вибродиагностики различных типов судовых машин. Необходимо уяснить основные принципы вибродиагностики. Следует дать сравнительную оценку методам технической диагностики и установить, какие механизмы можно диагностировать при определении их технического состояния и какие для этого применяются приборы. Далее нужно изучить методы и методики диагностики амортизирующих креплений, редукторов, насосов, подшипников судовых механизмов. Особо изучается метод ударных импульсов применительно к задаче диагностики технического состояния подшипников качения.

*Литература: [1], с. 7-18*

### *Вопросы для самопроверки*

1. В чем сущность диагностики подшипников качения методом анализа огибающей высокочастотной компоненты сигнала вибрации?
2. В чем сущность диагностики подшипников качения методом ударных импульсов?
3. Какие приборы рекомендованы инструкцией для проведения диагностики СТС?
4. В каких точках, и в каких направлениях производится замер вибрации для диагностики судовых редукторов?
5. В чем сущность методики диагностики судовых редукторов?
6. Как должна быть подготовлена точка для установки датчика вибрации или датчика прибора для диагностики подшипников?
7. Диагностика, каких механизмов допустима по правилам Регистра?
8. Как располагаются точки замера, и в каких направлениях производится измерения для контроля вибрации судовых насосов, генераторов и вентиляторов?
9. Как располагаются точки замера, в каком частотном диапазоне и какой параметр вибрации измеряется для диагностики состояния амортизаторов?