

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 20.03.2023 10:56:17  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Электрооборудование и автома-  
тика судов»



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»**  
**(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)**

---

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ШУМ И ВИБРАЦИИ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ»**

для подготовки бакалавров

по направлению

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

по профилю

«Электрооборудование и автоматика судов»

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н. Доброскок Н.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры САУ  
14.02.2022, протокол № 2-2/2022

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФЭА, 22.02.2022, протокол № 2

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭА
Обеспечивающая кафедра	САУ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	3
Курс	3
Семестр	6
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	34
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	69
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	39
Всего (академ. часов)	108
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Дифф. зачет (курс)	3

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«ШУМ И ВИБРАЦИИ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ»**

Рассматриваются основные характеристики шума и вибрации, математические модели распространения звуковой и вибрационной волны в различных механических системах.

Приводятся единицы измерения шума и вибрации, средства и методы анализа и измерения, а так же основы технического нормирования. Рассматриваются основные источники вибрации и шума судового электрооборудования: механического, электромагнитного и аэродинамического происхождения, а так же структурный шум. Дается представление о целях и методах вибрационной диагностики электрооборудования.

### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«THE NOISE AND VIBRATION OF MARINE ELECTRICAL EQUIPMENT»**

The basic characteristic of the noise and vibration, the mathematical models of the sound and vibration waves in difference mechanical systems spreading are examined.

The unit of the noise and vibration measure, the means and methods of the analysis and measure, as well as the principle of setting are mentioned. The basis sources of noise and vibration of marine electrical equipment (mechanical and electromagnetic provenance and structural noise) are considered. The idea about the purposes and the methods of the vibrate diagnostics of the electrical equipments is given.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Целью изучения дисциплины является формирование знаний специалиста в области шума и вибрации электрооборудования как необходимой части его профессиональной подготовки и практических навыков оценки ожидаемых уровней вибрации электрооборудования и применения методов борьбы с ними.

2. Задачами дисциплины являются:

-формирование знаний об основных физических характеристиках виброакустических сигналов, математических моделей их возникновения и распространении в электрооборудовании;

-формирование знаний о методах и средствах измерения и анализа параметров шума и вибрации;

-формирование способности проводить обоснования проектных решений посредством освоения инженерных методов расчёта уровней шума и вибрации электрооборудования и эффективности применяемых средств борьбы с шумом и вибрацией.

3. В результате изучения дисциплины формируются знания:

-в области физических основ виброакустики;

-методов и средств измерения и анализа параметров шума и вибрации;

-основных источников шума и вибрации электрооборудования;

-методов борьбы с шумом и вибрацией электрооборудования.

4. В результате изучения дисциплины формируются умения:

-анализировать параметры вибрации и шума электрооборудования;

-рассчитывать уровни вибрации и эффективность применения основных методов борьбы с шумом и вибрацией.

5. В результате изучения дисциплины формируются навыки:

-построения упрощённых математических моделей возникновения и распространения в электрооборудовании виброакустических сигналов электромагнитного происхождения;

-владения основными методами проектирования судовых электроэнергетических систем с учетом их виброакустических характеристик.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Теоретические основы электротехники»
2. «Электрические машины»
3. «Теория автоматического управления»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Судовые электроэнергетические системы»
2. «Комплексные системы управления судовой электростанцией»

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-2	Способен проводить обоснование проектных решений
<i>ПК-2.1</i>	<i>Обосновывает выбор целесообразного решения</i>
<i>ПК-2.2</i>	<i>Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	2			2
2	Тема 1. Основные физические характеристики виброакустических сигналов	4	4		6
3	Тема 2. Методы и средства измерения и анализа параметров шума и вибрации	4	4		6
4	Тема 3. Механические источники вибрации в судовом электрооборудовании	4	4		6
5	Тема 4. Источники вибрации электромагнитного происхождения	6	8		5
6	Тема 5. Шум и вибрация судового электрооборудования	4	4		6
7	Тема 6. Методы снижения шума и вибрации	4	6		4
8	Тема 7. Виброизоляция и вибропоглощения	4	4		3
9	Заключение	2		1	1
	Итого, ач	34	34	1	39
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	108/3			

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Предмет дисциплины и ее задачи, структура, содержание дисциплины, ее связь с другими дисциплинами учебного плана.
2	Тема 1. Основные физические характеристики виброакустических сигналов	Природа возникновения и распространения вибрации и шума. Единицы измерения. Математические модели вибрации на различных частотах.
3	Тема 2. Методы и средства измерения и анализа параметров шума и вибрации	Учет особенности восприятия шума человеком при измерении. Предельные спектры и основы нормирования. Преобразование вибрации и шума в электрический сигнал. Основные характеристики измерительных приборов, область их применения.



№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
4	Тема 3. Механические источники вибрации в судовом электрооборудовании	Вибрация роторов электрических машин, передача вибрации на корпус, математические модели вибрации. Вибрация роторов в подшипниках. Влияние износа, дефектов изготовления и монтажа на вибрацию. Вибрационная диагностика.
5	Тема 4. Источники вибрации электромагнитного происхождения	Вибрация силовых токопроводов и электрических аппаратов. Вибрации, вызываемые магнитострикционными силами. Вибрация трансформаторов, машин постоянного и переменного тока.
6	Тема 5. Шум и вибрация судового электрооборудования	Структурный шум, шум аэродинамического происхождения, оценки шума вентиляторов и электрических машин. Влияние параметров электроэнергетической системы на шум и вибрацию судового электрооборудования.
7	Тема 6. Методы снижения шума и вибрации	Классификация методов борьбы с шумом и вибрацией. Проектирование электрооборудования с учетом требований по акустической экологии. Средства звукоизоляции и звукопоглощения, принципы расчета эффективности этих средств. Методы и средства снижения шума в судовых условиях.
8	Тема 7. Виброизоляция и вибропоглощения	Выбор амортизаторов судового электрооборудования и принципы расчета их эффективности.
9	Заключение	Оценки экономической и технической эффективности борьбы с шумом и вибрацией. Направления развития методов борьбы с шумом и вибрацией электрооборудования.

## 4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

## 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Расчет основных характеристик шума и вибрации	4
2. Расчет амплитуды пульсирующего момента в АД при несимметрии напряжения в СЭЭС	4
3. Расчет амплитуды пульсирующего момента в АД при несинусоидальности напряжения в СЭЭС	4
4. Расчет переменных радиальных электромагнитных сил в АД при несимметрии и несинусоидальности напряжения в СЭЭС	6
5. Расчет уровней вибрации АД возбуждаемых электромагнитными силами	4
6. Расчет и анализ акустической эффективности звукопоглощающей облицовки	4

<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
7. Расчет и анализ акустической эффективности звукоизолирующего ограждения	4
8. Расчет эффективности амортизаторов для судового электрооборудования	4
Итого	34

#### **4.4 Курсовое проектирование**

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### **4.5 Реферат**

Исходные данные и требования: Исходные данные к реферату: тема реферата; краткое описание содержания, основные вопросы; рекомендуемая литература и информационные источники.

Основные требования к оформлению реферата:

1. Текст реферата подготавливается в текстовом редакторе Microsoft Word (или аналогичных по функциональным возможностям) в соответствии с ГОСТ 7.32-2017 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.
2. Количество страниц -от 15 до 20. Страницы нумеруются.
3. Количество источников в списке литературы от 5 до 10, не менее трети из которых не старше 5 лет.

Текст реферата размещается в системе Moodle. После проверки представляется преподавателю в печатном виде для защиты..

Темы:

<b>№ п/п</b>	<b>Название темы</b>	<b>Перевод темы</b>
1	Основные нормативные термины, определения и обозначения	Basic regulatory terms, definitions and designations
2	Основные источники шума электрооборудования	The main sources of noise from electrical equipment

№ п/п	Название темы	Перевод темы
3	Основные источники вибрации электрооборудования	The main sources of vibration of electrical equipment
4	Источники шума и вибрация судового электрооборудования	Noise sources and vibration of ship electrical equipment
5	Шум, вибрация. Принципы нормирования	Noise, vibration. Regulation principles
6	Производственные вибрации. Нормирование вибраций	Manufacturing vibrations. Vibration regulation
7	Нормирование уровней шума на рабочих местах	Regulation of noise levels at workplaces
8	Нормирование уровней шума на судах	Regulation of noise levels on ships
9	Анализ нормирования уровней шума в РФ и в других странах	Analysis of noise level regulation in the Russian Federation and in other countries
10	Методы и средства измерения и анализа шума	Methods and tools for measuring and analyzing noise
11	Методы и средства измерения и анализа вибрации	Methods and tools for measuring and analyzing vibration
12	Методология обработки результатов измерения шума и вибрации	Methodology for Processing Noise and Vibration Measurement Results
13	Индивидуальные и коллективные средства защиты от шума, правовые и технические нормы, возможности их достижения при проектировании	Individual and collective means of protection against noise, legal and technical standards, the possibility of achieving them in the design
14	Влияние вибрации на работу механизмов и электрооборудования (точность, надежность, срок эксплуатации)	Influence of vibration on the operation of mechanisms and electrical equipment (accuracy, reliability, service life)
15	Автоматические системы активного виброгашения	Automatic systems of active vibration damping
16	Влияние качества энергии судовых ЭЭС (нормативные документы, средства обеспечения) на вибрацию электрооборудования	Influence of energy quality of ship EPS (regulatory documents, means of support) on the vibration of electrical equipment
17	Шум и вибрация асинхронного двигателя	Noise and vibration of asynchronous motor
18	Технические средства и методы вибрационной диагностики	Technical means and methods of vibration diagnostics
19	Активные методы борьбы с шумом в звуковом диапазоне частот	Active noise reduction methods in the audio frequency range
20	Средства звукоизоляции и звукопоглощения электроустановок	Means of sound insulation and sound absorption of electrical installations
21	Анализ влияния параметров звукопоглощающего ограждения и объема помещений на уровни шума. Практические способы борьбы с шумом и вибрацией	Analysis of the influence of the parameters of the sound-absorbing enclosure and the volume of the premises on noise levels. Practical ways to deal with noise and vibration
22	Шум электрооборудования и методы борьбы с ним	Noise of electrical equipment and methods of dealing with it
23	Акустическая эффективность звукоизолирующего ограждения	Acoustic efficiency of a soundproof enclosure

№ п/п	Название темы	Перевод темы
24	Особенности расчетов по звукоизоляции и звукопоглощению. Активные и пассивные системы борьбы с вибрацией гибкой балки	Features of calculations for sound insulation and sound absorption. Active and passive vibration control systems for a flexible beam
25	Особенности активных систем борьбы с шумом и вибрацией как адаптивной системой автоматического управления	Features of active noise and vibration control systems as an adaptive automatic control system

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной

дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	5
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	7
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	5
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	12
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	10
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>39</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Карасев, Александр Васильевич. Шум и вибрация электрооборудования [Текст] : учеб. пособие / А.В. Карасев, 2009. -56 с.	18
2	Шум и вибрация электрооборудования [Текст] : метод. указания / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", 2012. -46 с.	12
3	Карасев, Александр Васильевич. Активные методы борьбы с шумом и вибрацией [Текст] : учеб. пособие / А. В. Карасев, 2014. -51 с.	8
4	Карасев, Александр Васильевич. Шум и вибрация электрооборудования [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.В. Карасев, 2009. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
5	Карасев, Александр Васильевич. Активные методы борьбы с шумом и вибрацией [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. В. Карасев, 2014. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
Дополнительная литература		
1	Барков, Алексей Васильевич. Шум и вибрация судового электрооборудования [Текст] : Учеб. пособие / А.В.Барков, А.В.Карасев, В.А.Косенков, 1985. -80 с.	53
2	Экспериментальные исследования шума и вибрации вращающихся электрических машин [Текст] : Метод. указания к лаб. работам по дисциплине "Виброакустика электрических машин" / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", 2003. -32 с.	19

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. Методы проектирования малошумных электрических машин <a href="https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12196189">https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12196189</a>
2	Справочная информация. Издания Российского Морского Регистра Судоходства <a href="https://lk.rs-class.org/regbook/rules">tps://lk.rs-class.org/regbook/rules</a>

### **5.3 Адрес сайта курса**

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=10860>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Шум и вибрации судового электрооборудования» формой промежуточной аттестации является дифф. зачет. Оценивание качества освоения дисциплины производится с использованием рейтинговой системы.

#### Дифференцированный зачет

Оценка	Количество баллов	Описание
Неудовлетворительно	0 – 41	теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практически навыки и умения не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над курсом не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий
Удовлетворительно	42 – 54	теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки и умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий содержат ошибки
Хорошо	55 – 67	теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки и умения сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками
Отлично	68 – 80	теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки и умения сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено количеством баллов, близким к максимальному



## Особенности допуска

Допуск к дифференцированному зачету происходит при одновременном выполнении следующих условий:

1. Посещение не менее 80 % лекционных занятий. 100 % посещения лекций соответствует 10 баллам.
2. Выполнение и защита 8 контрольных работ с индивидуальным вариантом на практических занятиях. Каждая контрольная работа оценивается от 0 до 5 баллов.
3. Выполнение 1 контрольной работы на лекционных занятиях. Контрольная работа оценивается от 0 до 10 баллов.
4. Написание и представление реферата по заданной теме. Реферат оценивается от 0 до 20 баллов.

Оценка дифференцированного зачета выставляется по рейтинговой системе.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Вибрация механического происхождения
2	Вибрация роторов электрических машин. Влияние дефектов изготовления и износа на вибрацию
3	Вибрация электрических машин переменного тока, определяемая несимметрией фазного напряжения
4	Вибрация электрических машин переменного тока, определяемая несинусоидальностью напряжения
5	Вибрация электрических машин постоянного тока
6	Физические принципы виброизоляции
7	Единицы измерения шума и вибрации
8	Физические принципы вибропоглощения
9	Методы борьбы с шумом. Звукопоглощение и звукоизоляция
10	Основные источники шума и вибрации на судах
11	Основные характеристики вибрации

12	Основные характеристики шума
13	Основы нормирования шума и вибрации
14	Применение средств акустической защиты на судах
15	Принципы выбора и расчета эффективности амортизаторов
16	Активные методы борьбы с вибрацией. Структура активных виброзащитных систем
17	Системы активного гашения шума с адаптивным фильтром
18	Системы активного гашения шума. Акустические эффекты обратной связи
19	Средства и методы измерения шума и вибрации
20	Шум электрооборудования аэродинамического происхождения и структурный шум

## Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

### Пример контрольной работы на лекционных занятиях

1. Вибрация механического происхождения.
2. Основные характеристики вибрации.
3. Принципы выбора и расчета эффективности амортизаторов.

### Контрольная работа 1 на практических занятиях: РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШУМА И ВИБРАЦИИ

Задача 1.1: Вычислить результирующий уровень шума в помещении  $L_{\Sigma}$ , если в помещении находится 5 одинаковых источников шума  $L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = L_5 = 80$ .

Задача 1.2: Вычислить результирующий уровень шума в помещении  $L_{\Sigma}$ , если в помещении находится 4 разных источника шума  $L_1 = 90$ ,  $L_2 = 94$ ,  $L_3 = 97$  и  $L_4 = 93$ .

Задача 1.3: Вычислить результирующий уровень шума в помещении  $L_{\Sigma}$ , если в помещении находится 2 разных источника шума  $L_1 = 80$  и  $L_2 = 100$ .

Задача 2: Шум в помещении с одинаковым по уровню шума оборудованием составляет  $L_0 = 90$ . Часть оборудования отключили. Определить уровень шума в этом помещении после замены оборудования,  $L_k$ , если, например, отключена половина оборудования ( $k = 0.5$ ).

Задача 3: Первоначальный уровень шума в помещении  $L_0 = 110$ . Поставим новое оборудование, такое, что шум десяти новых машин ( $k = 10$ ) равен шуму одной старой. Определить уровень шума в помещении при новом оборудовании  $L_k$ .

Задача 4: Задан уровень шума  $L_1 = 80$ , измеренный на расстоянии  $R_1 = 1$  от источника. Необходимо найти уровень шума  $L_2$  на расстоянии  $R_2 = 10$  для того же источника.

**Контрольная работа 2 на практических занятиях: РАСЧЕТ АМПЛИТУДЫ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО МОМЕНТА В АСИНХРОННОМ ДВИГАТЕЛЕ ПРИ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЯ**

*Исходные данные:*

- амплитуда составляющих прямой и обратной последовательностей фазных напряжений:  $U_1 = 220$ ,  $U_2 = 4.4$ ;

- частота напряжения питания  $f_1 = 50$ ;

- скольжение  $s = 0.05$ ;

- число пар полюсов  $p = 2$ ;

- параметры схемы замещения АД: активное и индуктивное сопротивления рассеяния обмотки статора  $r_{st} = 2.4$ ,  $x_{st} = 2.8$ ; приведенные активные и индуктивные сопротивления рассеяния обмотки ротора  $r_{rt} = 1.35$ ,  $x_{rt} = 3.45$ ; активное и индуктивное сопротивление контура намагничивания  $r_m = 0$ ,  $x_m = 50$ .

*Найти:*

Амплитуду пульсирующего момента  $M$ , Нм; коэффициент обратной последовательности напряжения  $K$ .

**Контрольная работа 3 на практических занятиях: РАСЧЕТ АМПЛИТУДЫ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО МОМЕНТА В АСИНХРОННОМ ДВИГАТЕЛЕ ПРИ**

## НЕСИНУСОИДАЛЬНОМ НАПРЯЖЕНИИ

*Исходные данные:*

- гармонические составляющие фазного напряжения питания:  $U_1 = 220$ ,  $U_5 = 44$ ,  $U_7 = 31.4$ ,  $U_{11} = 20$ ,  $U_{13} = 16.9$ ,  $U_{17} = 13.1$ ,  $U_{19} = 7.8$ ;

- индуктивные сопротивления упрощенной схемы замещения АД для высших гармоник или данные для их расчета,  $x_{st} = 2.8$ ,  $x_{rt} = 3.45$ ;

- частота напряжения питания  $f_1 = 50$ ;

- число пар полюсов  $p = 2$ .

*Найти:*

Амплитуды пульсирующих моментов при несинусоидальности напряжения питания  $M$ , Нм, на соответствующих частотах:  $\omega_6 = 6\omega_1$ ,  $M_{6\omega_1}$ ;  $\omega_{12} = 12\omega_1$ ,  $M_{12\omega_1}$ ;  $\omega_{18} = 18\omega_1$ ,  $M_{18\omega_1}$ .

**Контрольная работа 4 на практических занятиях: РАСЧЕТ ПЕРЕМЕННЫХ РАДИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СИЛ В АСИНХРОННОМ ДВИГАТЕЛЕ ПРИ НЕСИММЕТРИИ И НЕСИНУСОИДАЛЬНОМ НАПРЯЖЕНИИ**

*Исходные данные:*

- частота напряжения питания  $f_1 = 50$ ;

- число пар полюсов  $p = 2$ ;

- число эффективных проводников в фазе обмотки статора  $w = 10$ ;

- обмоточный коэффициент  $K = 0.9$ ;

- коэффициент Картера  $K_c = 1.2$ ;

- величина воздушного зазора  $\delta = 0.2$ ;

- амплитуды намагничивания тока из схемы замещения асинхронного двигателя для напряжения прямой и обратной последовательностей  $I_{01} = 10$ ,  $I_{02} = 1$  или данные для их расчета для случая несимметричного напряжения;

- гармонические составляющие фазного тока статора:  $I_1 = 5A$ ,  $I_5 = 3A$ ,  $I_7 = 2A$ ,  $I_{11} = 1A$ ,  $I_{13} = 0.5A$  - для случая несинусоидального напряжения.

*Найти:*

Амплитуды силовых волн  $P_q$ ,  $P'_{qq}$ ; частоты силовых волн  $\omega_q$ ,  $\omega'_{qq}$ ; порядки силовых волн  $r_q$ ,  $r'_{qq}$ .

**Контрольная работа 5 на практических занятиях: РАСЧЕТ ОЖИДАЕМОГО УРОВНЯ ВИБРАЦИИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ, ВОЗБУЖДАЕМОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ СИЛАМИ**

*Исходные данные:*

- вынуждающие силы и моменты (по результатам расчета проверочные работы с 2 по 4): амплитуда пульсирующего момента  $M$ , Нм; амплитуда радиальной электромагнитной силы, действующей на единицу площади,  $P_q$ ; угловая частота пульсирующего момента  $\omega_m$ , рад/с; угловая частота радиальной силы  $\omega_q$ , рад/с;

- массогабаритные характеристики асинхронного двигателя: масса статора  $M_s$  40; модуль упругости материала статора  $E = 2 \cdot 10^{-11}/2$ ; внутренний радиус статора  $R = 0.05$ ; наружный радиус статора  $R = 0.1$ ; высота спинки статора  $h = 0.018$ ; длина статора  $l = 0.08$ ; средний радиус спинки статора  $R = 0.07$ ;

- характеристики крепления асинхронного двигателя к неподвижному фундаменту: коэффициенты жесткости виброизоляторов в направлении осей Y и Z – соответственно  $C_y = 0.35 \cdot 10^6/$  и  $C_y = 0.65 \cdot 10^6/$ ; расстояние между амортизаторами  $R = 0.2$ , м; коэффициент механического сопротивления поступательному движению  $R_r = 0$ ; количество амортизаторов  $n = 4$ ; угол между направлением действия силы с осью Z –  $\psi = 0$ .

*Найти:*

Амплитуды колебания асинхронного двигателя от действия приложенных

момента и силы  $Z_m$ ,  $Z_p$  и соответствующие уровни колебаний  $L_m$ ,  $L_p$ .

### **Контрольная работа 6 на практических занятиях: ВЫБОР И РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ АМОРТИЗАТОРОВ**

*Исходные данные:*

- масса агрегата  $M = 2280$ ;
- геометрические размеры ШхД: 900x320 мм; возвышение центра масс над уровнем основания  $z = 645$ мм;
- моменты инерции агрегата по осям  $J_x = 260 \cdot 2$ ,  $J_y = 1070 \cdot 2$ ,  $J_z = 930 \cdot 2$ ;
- амплитуда возмущающей силы  $P_z = 16$ ;
- частота возмущающей силы  $f_P = 100$  Гц;
- справочные данные по амортизаторам.

*Найти:*

Частоты собственных колебаний: поступательного движения вдоль осей  $f_x$ ,  $f_y$  поворотные  $f_x$ ,  $f_y$ ,  $f_z$ , а также частоты сдвига и поворота в соответствующих плоскостях; статическую посадку амортизаторов при действии постоянной силы по оси  $Z$ ,  $\Psi$ ; эффективность виброизоляции. Для ответственных агрегатов необходим анализ эффективности работы амортизатора  $L$  в различных условиях эксплуатации.

### **Контрольная работа 7 на практических занятиях: РАСЧЕТ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩЕЙ ОБЛИЦОВКИ**

*Исходные данные:*

- геометрические размеры помещения:  $A = 10$ ,  $B = 10$ ,  $H = 5$  – длина, ширина, высота соответственно;
- реверберационные коэффициенты звукопоглощения конструкций в октавной полосе частот:  $\alpha(63) = 0.1$ ,  $\alpha(125) = 0.2$ ,  $\alpha(250) = 0.7$ ,  $\alpha(500) =$

$0.8, \alpha(1000) = 0.7, \alpha(2000) = 0.8, \alpha(4000) = 0.75, \alpha(8000) = 0.78;$

- исходный спектр шума в помещении:  $L_p(63) = 82, L_p(125) = 88, L_p(250) = 95, L_p(500) = 90, L_p(1000) = 91, L_p(2000) = 98, L_p(4000) = 81, L_p(8000) = 73.$

*Найти:*

Спектр шума в помещении после проведения акустической обработки  $L_r(\omega).$

### **Контрольная работа 8 на практических занятиях: РАСЧЕТ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩЕГО ОГРАЖДЕНИЯ**

*Исходные данные:*

- геометрические размеры помещения, подлежащего изоляции:  $A = 15, B = 8, H = 4$  – длина, ширина, высота соответственно;

- площадь звукоизолирующего ограждения  $S_0 = 32^2;$

- октавные уровни звукового давления в шумном помещении:  $L_p(125) = 88, L_p(250) = 95, L_p(500) = 90, L_p(1000) = 91, L_p(2000) = 98, L_p(4000) = 81, L_p(8000) = 73;$

- допустимые уровни звукового давления  $L_n(\omega)$  согласно справочникам (ПС-45, санитарные нормы);

- звукоизолирующая способность различных одностенных конструкций в зависимости от толщины  $R_0(\omega)$  согласно справочникам.

*Найти:*

Выбрать материал конструкции, который обеспечивает выполнение нормативных требований по шуму, и рассчитать уровень шума в помещении после установки выбранной звукоизолирующей конструкции  $L_r(\omega),$  а также исследовать влияние исходных данных и выбранного звукоизолирующего материала на конечный результат.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3



### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
3	Тема 1. Основные физические характеристики виброакустических сигналов	Контрольная работа
5	Тема 4. Источники вибрации электромагнитного происхождения	Контрольная работа
6	Тема 4. Источники вибрации электромагнитного происхождения	Контрольная работа
7	Тема 5. Шум и вибрация судового электрооборудования	Контрольная работа
9	Тема 6. Методы снижения шума и вибрации	Контрольная работа
11	Тема 7. Виброизоляция и вибропоглощения	Контрольная работа
12	Тема 7. Виброизоляция и вибропоглощения	Контрольная работа
14	Тема 7. Виброизоляция и вибропоглощения	Контрольная работа
15	Тема 1. Основные физические характеристики виброакустических сигналов Тема 2. Методы и средства измерения и анализа параметров шума и вибрации Тема 3. Механические источники вибрации в судовом электрооборудовании Тема 4. Источники вибрации электромагнитного происхождения Тема 5. Шум и вибрация судового электрооборудования Тема 6. Методы снижения шума и вибрации Тема 7. Виброизоляция и вибропоглощения	Реферат
16	Тема 1. Основные физические характеристики виброакустических сигналов Тема 2. Методы и средства измерения и анализа параметров шума и вибрации Тема 3. Механические источники вибрации в судовом электрооборудовании Тема 4. Источники вибрации электромагнитного происхождения Тема 5. Шум и вибрация судового электрооборудования Тема 6. Методы снижения шума и вибрации Тема 7. Виброизоляция и вибропоглощения	Контрольная работа

### 6.4 Методика текущего контроля

#### на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя:

- контроль посещаемости (посещение 100% занятий – 10 баллов),
- выполнение 1 контрольной работы (на 16 неделе), которая состоит из 3 теоретических вопросов, требующих краткого ответа, и оценка за которые по

десятибалльной шкале выставляется по следующим критериям:

- 10-9 баллов - вопросы раскрыты полностью, могут содержаться незначительные неточности;
- 8-7 баллов - вопросы раскрыты не полностью;
- 6-5 баллов - ответы в принципе правильные, но в формулировках имеются существенные ошибки;
- 5-4 баллов - отсутствуют ответы на отдельный вопрос или содержание отдельного ответа не совпадает с поставленным вопросом;
- 3-2 балла - отсутствуют ответы на 2 из 3 вопросов или содержание ответов на 2 из 3 вопросов не совпадает с поставленными вопросами;
- 1-0 баллов - отсутствуют ответы на все вопросы или содержание ответов на совпадает с поставленными вопросами.

#### **на практических занятиях**

Текущий контроль включает в себя:

- контроль посещаемости (не менее 80% занятий);
- подготовка и защита реферата (на 15 неделе), оценка за который выставляется по следующим критериям:

по следующим критериям:

- 20 баллов - системность; обстоятельность и глубина излагаемого материала; использование актуальной научно-технической литературой по теме реферата; способность быстро и точно отвечать на вопросы преподавателя по теме реферата;
- 16 баллов - развернутость и глубина излагаемого в реферате материала; знакомство с основной научной литературой к докладу; частое обращение к тексту реферата при защите; некоторые затруднения при ответе на вопросы;
- 12 баллов - правильность основных положений реферата; использование для подготовки реферата исключительно учебной литературы; неспособность ответить на вопросы преподавателя; неумение воспроизвести ос-

новные положения реферата без обращения к тексту;

- 8 баллов - подготовка реферата с привлечением неизвестного информационного источника; поверхностный и бессистемный характер информации в реферате;
- 4 балла - тема реферата раскрыта плохо, содержатся грубые фактологические ошибки;
- 0 баллов - реферат не представлен;

- решение 8 контрольных работ с индивидуальными вариантами, оценка за которые выставляется по следующим критериям:

- 5 баллов - задача решена верно;
- 4 балла - студент применяет правильный алгоритм решения задачи, но присутствуют вычислительные ошибки;
- 3 балла - студент применяет правильный алгоритм решения задачи, но решение не закончено;
- 2 балла - студент решил задачу неправильно;
- 1 балл - студент применяет неправильный алгоритм, результаты не соответствуют теоретическим ожиданиям;
- 0 баллов - решение отсутствует.

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, проектор, экран, меловая или маркерная доска, компьютер.	1) Windows 7 и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше; 3) Adobe Acrobat Reader
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, количество персональных компьютеров – в соответствии с контингентом. Рабочее место преподавателя, проектор, экран, меловая или маркерная доска, компьютер.	1) Windows 7 и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше; 3) Adobe Acrobat Reader; 4) MatLab R2014b и выше
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>