

Рабочая программа дисциплины

1. Название дисциплины: Физика шумов и вибраций. Акустическая экология.

2. Лекторы.

2.1. к.ф.-м.н., доцент Кравчун Павел Николаевич, кафедра акустики, gedackt@mail.ru, тел. 939-38-44.

2.2. к.ф.-м.н., ст. научный сотрудник Гончаренко Борис Иванович, borisgon@mail.ru, тел. 939-29-69.

3. Аннотация дисциплины.

Шум и вибрация являются составной частью понятия «окружающая среда». В связи с этим проблема снижения шума и вибрации занимает одно из основных мест в современной физике и технике, в акустической экологии. В лекционном курсе содержатся базовые знания о шумах и вибрациях, о задачах акустической экологии, об особенностях восприятия шума и вибрации человеком, о физических принципах построения средств снижения шума и вибрации. В рамках курса студенты познакомятся с принципом работы различных устройств снижения шума и вибрации, применяемых в различных областях человеческой деятельности, с современными методами решения задач акустической экологии.

4. Цели освоения дисциплины.

В результате освоения дисциплины обучающийся приобретёт знания о физических процессах генерации шума и вибрации, о проблемах акустической экологии, о современных методах снижения шума и вибрации, умение решать ряд задач акустической экологии и снижения шума и вибрации, использовать полученные знания в практических задачах акустической экологии.

5. Задачи дисциплины.

Задачами курса являются: (1) систематическое изложение основ физики генерации шума и вибрации и основ акустической экологии; (2) ознакомление с методами решения задач нормирования и снижения шума и вибрации; (3) обучение методам решения конкретных прикладных задач в области борьбы с шумом и вибрацией и акустической экологии.

6. Компетенции.

6.1. Компетенции, необходимые для освоения дисциплины.

М-ОНК-2; М-ИК-2; М-ИК-3;

6.2. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины.

М-ОНК-2; М-ИК-2; М-ИК-3; М-ПК-1; М-ПК-2; М-ПК-3; М-ПК-5; М-ПК-6; М-ПК-8;
М-СПК-2.

7. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен знать основы акустической экологии, физики генерации шума и вибрации, методы снижения шума и вибрации,

уметь применять полученные знания к решению научных и практических задач акустической экологии, борьбы с шумом и вибрацией;

владеть методами решения основных задач акустической экологии, физики шумов и вибраций;

8. Содержание и структура дисциплины.

Вид работы	Семестр				Всего
	1	2	3	4	
Общая трудоёмкость, акад. часов		72			72
Аудиторная работа:		34			34
Лекции, акад. часов		34			4
Семинары, акад. часов					
Лабораторные работы, акад. часов					
Самостоятельная работа, акад. часов		38			38
Вид промежуточной аттестации (зачёт, зачёт с оценкой, экзамен)		зачет			

N раздела, название раздела	N темы	Название темы	Структура и содержание дисциплины				Форма текущего контроля успеваемости
			Содержание темы	Аудиторная нагрузка, отводимая на лекционный материал темы, ак.ч.	Названия семинаров по теме. Аудиторная нагрузка, отводимая на каждый семинар темы, ак.ч.	Самостоятельная работа: название темы самостоятельной работы; трудоемкость темы, ак.ч.	
1. Общая характеристика проблемы снижения шума и вибраций. Единицы и шкалы измерения	1.	Общие представления о шуме и вибрациях. Измерения шума.	История борьбы с шумом и вибрацией. Единицы и шкалы измерения шума. Закон Вебера-Фехнера. Эффект маскировки.	1 ак. ч.	1. Единицы и шкалы измерения шума. Эффект маскировки. 1 ак. ч.	Общая характеристика проблемы снижения шума и вибраций. Единицы и шкалы измерения шума. Закон Вебера-Фехнера. Эффект маскировки. 2 ак. ч.	Об ДЗ
	2.	Нормирование шума и вибрации.	Понятие о техническом и санитарном нормировании шума и вибрации. Предельные спектры.	1 ак. ч.	1. Предельные спектры. 1 ак. ч.	Техническое и санитарное нормирование шум. Предельные спектры. 2 ак. ч.	
2. Основы теории шума аэродинамического происхождения	1	Уравнения («акустическая аналогия») Лайтхилла	Общие представления о шуме аэродинамического происхождения. Вывод уравнения Лайтхилла из уравнений механики сплошной среды. Тензор турбулентных напряжений Лайтхилла. Монополи, диполи, квадруполь в решении уравнения Лайтхилла.	1 ак.ч.	1 Уравнения акустической аналогии Лайтхилла. 1 ак.ч.	Акустическая аналогия Лайтхилла. 2 ак. ч.	Об ДЗ, КР
	2	Шум турбулентной струи	Основные участки турбулентной струи (начальный, переходной, основной). Ядро постоянной скорости. Основные закономерности шума струи. Закон 8-й степени Лайтхилла. Методы снижения шума струи.	2 ак. ч.	1. Основные закономерности шума струи. Спектры шума. 2 ак. ч.	Шум турбулентной струи и методы его снижения. 4 ак. ч.	
	3	Уравнение Блохинцева – Хоу.	Акустическая аналогия Блохинцева – Хоу. Гидродинамическая, акустическая, термодинамическая компоненты движения.	1 ак.ч.	1. Уравнение Блохинцева – Хоу, источники шума в акустической аналогии Блохинцева – Хоу. 1. ак.ч.	Уравнение Блохинцева – Хоу. 2 ак. ч.	
	4.	Шум турбулентного пограничного слоя.	Решение Кёрла. Корреляции пульсаций давления в пограничном слое. Взаимный по пространству спектр турбулентных пульсаций. Псевдозвук. Методы снижения шума пограничного слоя.	1 ак. ч.	1. Модели Коркоса и др. для взаимного по пространству спектра пульсаций давления в пограничном слое. Псевдозвук. 1 ак. ч.	Шум турбулентного пограничного слоя .4 ак. ч.	
	5.	Шум винта.	Шум винта: шум вращения (силовой и объемный), вихревой шум. Типичный спектр шума, лопастная частота и ее гармоники. Методы снижения шума винта.	1 ак. ч.	1. Шум вращения и вихревой шум винта, методы их снижения. 1 ак. ч.	Шум винта и методы его снижения. 2 ак. ч.	

	6.	Авиационный шум и методы его снижения.	Шум турбореактивных и винтовых двигателей и методы его снижения. Двухконтурные двигатели. Турбовинтогенераторы. Шум планера. Понятие о шумовых картах аэропорта.	1 ак. ч.	1. Шум двухконтурных и винтовых двигателей. Влияние степени двухконтурности. 1 ак. ч.	Авиационный шум и методы его снижения. 3 ак. ч.	Об ДЗ, К
3 Основы акустической интенсивности	1.	Общие вопросы об измерении интенсивности	Способы измерения интенсивности в звуковых полях: метод двух микрофонов, использование акустического ваттметра, измерение интенсивности на основе измерения звукового давления и составляющих колебательной скорости, термоанемометр	2 ак. ч.	1. Использование векторно-фазовой структуры звукового поля для измерения интенсивности. 2 ак. ч.	Пространственная неоднородность звукового поля и измерение интенсивности в этих условиях. 4 ак. ч.	Об ДЗ
4. Звукоизоляция и звукопоглощение	1.	Источники шума и вибрации и способы их снижения	Классификация источников шума и вибрации: механические, гидродинамические, электромагнитного происхождения. Снижение шума и вибрации в источнике, использование обтекателей, воздействие на гидродинамическую структуру.	1 ак. ч.	Классификация источников шума и вибрации. Методы снижения шума и вибрации. 1 ак. ч.	Источники шума: механические, гидродинамические, электромагнитного происхождения. Способы снижения шума и вибрации. 3 ак. ч.	Об ДЗ
	2.	Звукоизолирующие конструкции	Звукоизоляция плоской границы раздела двух сред, коэффициенты отражения, проникновения и звукоизоляции. Основные закономерности звукоизоляции плоскопараллельного слоя	2 ак. ч.	Использование плоскопараллельного слоя для звукоизоляции, коэффициенты отражения, проникновения и звукоизоляции. 2 ак. ч.	Основные закономерности звукоизоляции плоскопараллельного слоя, коэффициенты отражения, проникновения и звукоизоляции. 4 ак. ч.	Об ДЗ
	3.	Интерферометрические методы определения акустических характеристик материалов	Интерферометры, измерение импеданса исследуемого образца методом стоячих волн, метод двух и трех микрофоном	1 ак. ч.	Измерение импеданса исследуемого образца методом двух и трех микрофоном. 1 ак. ч.	Интерферометры, импеданс образца, использование метода двух и трех микрофоном для его измерения 2 ак. ч.	Об ДЗ
	4.	Звукопоглощение	Механизм поглощения звука, звукопоглощающие конструкции (ЗПК). Основные требования к ЗПК и их типы. Резонансные звукопоглотители, импеданс панели, эффективная масса отверстия коэффициент звукопоглощения.	2 ак. ч.	Звукопоглощающие конструкции (ЗПК). Основные требования к ЗПК и их типы. Резонансные звукопоглотители. 2 ак. ч.	Резонансные звукопоглотители, импеданс панели, эффективная масса отверстия коэффициент звукопоглощения. 4 ак. ч.	Об ДЗ, К

Предусмотрены следующие формы текущего контроля успеваемости.

1. Домашнее задание (ДЗ);
2. Контрольная работа (КР);
3. Коллоквиум (К);
4. Обсуждение (Об).

9. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

1. Обязательная дисциплина.
2. Вариативная часть, блок профессиональной подготовки, дисциплина магистерской программы
3. Курс связан с рядом дисциплин, преподаваемых на физическом факультете. К началу изучения курса студент должен владеть знаниями общей физики, механики сплошных сред, теоретических основ акустики, с которыми курс методически связан.
 - 3.1. Дисциплины, которые должны быть освоены для начала освоения данной дисциплины: общая физика, механика сплошных сред, введение в акустику, теоретические основы акустики.
 - 3.2. Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: «Нелинейная динамика».

10. Образовательные технологии

Изложение в основном ведётся традиционным способом (с использованием фломастеров, мела и доски), постоянно используются, кроме того, крупноформатные фотографии. Во время проведения коллоквиума проводится общая дискуссия по темам соответствующих разделов курса.

11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Примерный список вопросов для проведения текущей и промежуточной аттестации:

Единицы и шкалы измерения шума.

Частотные полосы для измерений шума (октавные, $1/2$ -октавные, $1/3$ -октавные), границы и центральные частоты.

Эффект маскировки, его физический смысл.

Уравнение Лайтхилла, Тензор турбулентных напряжений Лайтхилла.

«Акустическая аналогия» Блохинцева – Хоу, основные источники шума в рамках этой аналогии.

Спектр шума турбулентной струи.

Основные методы снижения шума турбулентной струи.

Зависимость интенсивности шума турбулентной струи от скорости истечения.

Взаимный по пространству спектр турбулентных пульсаций давления в пограничном слое.

Псевдозвук, физический смысл и практические примеры.

Спектр шума винта.

Представление о шумовой карте аэропорта. Акустическая экология аэропорта.

Снижение частоты резонансного звукопоглотителя.

Резонансные звукопоглотители.

Звукоизоляционные свойства плоскопараллельного слоя.

Источники шума и вибрации.

Использование интерферометров для измерения акустических характеристик материалов и конструкций.

Измерение интенсивности в звуковых полях методом двух микрофонов.

Удельный импеданс поверхности и коэффициент отражения от звукопоглощающей конструкции.

Использование термоанемометра.

Примерный список заданий для проведения текущей и промежуточной аттестации:

Вычислить уровень общего шума двух некогерентных источников, каждый из которых по отдельности создает шум уровнем 90 дБ.

Найти частоту максимума в спектре шума турбулентной струи на удалении 10 м от среза сопла при скорости истечения струи 200 м/с и диаметре сопла 1 м.

Определить, во сколько раз изменится интенсивность шума турбулентной струи при снижении скорости ее истечения в 2 раза. Оценить тот же эффект в децибелах.

Определить частоту 2-й гармоники шума вращения 4-лопастного винта при скорости вращения винта 900 об/мин.

Определить частоту срыва вихрей с круглого цилиндра диаметром 10 см, находящегося в потоке, скорость которого перпендикулярна оси цилиндра, при скорости потока 20 м/с.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

12.1. При изучении курса основное внимание следует уделять физическим механизмам изучаемых явлений, их связи с другими физическими, в частности, акустическими явлениями и процессами, типичным значениям основных величин, характеризующих процесс или явление, вопросам практического значения изучаемых явлений, методам и средствам снижения шумового воздействия.

12.2. Литература

Основная литература

1. Кравчун П.Н. Генерация и методы снижения шума и звуковой вибрации. - М.: Изд-во МГУ, 1991.
2. Колесников А.Е. Шум и вибрация. - Л.: Судостроение, 1988.
4. Кузнецов В.М. Основы теории шума турбулентных струй. – М.: Физматлит, 2008.
5. Смольяков А.В. Шум турбулентных потоков. – СПб.: ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова, 2005.
6. Самохин В.Ф., Картовицкий Л.Л. Турбулентные и акустические характеристики реактивных струй. – М.: МАИ-принт, 2009.
7. Самохин В.Ф., Картовицкий Л.Л. Шум двигателей и самолетов. - М.: МАИ-принт, 2009.
8. Авиационная акустика. В 2-х тт. - М.: Машиностроение, 1986.
6. Боголепов И.И. Промышленная звукоизоляция. - Л.: Судостроение, 1986.
7. Шендеров Е.Л. Волновые задачи гидроакустики. - Л.: Судостроение, 1972.
8. Ржевкин С.Н. Курс лекций по теории звука. М.: МГУ, 1960.
9. Цвиккер К., Костен К. Звукопоглощающие материалы. М: ИЛ, 1952.
10. Колесников А.Е. Акустические измерения. Л.: Судостроение, 1983.
11. Шик А. Психологическая акустика в борьбе с шумом. – СПб: БГТУ, 1995.
12. Николайкина Н.Е., Николайкин Н.И., Матягина А.М. Промышленная экология. Инженерная защита биосферы от воздействия воздушного транспорта. – М.: Академкнига, 2006.
13. Голубев А.Ю., Кудашев Е.Б., Яблоник Л.Р. Турбулентные пульсации давления в акустике и аэрогидродинамике. – М.: Физматлит, 2019. – 424 с.

Дополнительная литература:

1. Кравчун П.Н., Лебедева И.В. Физика шумов и вибраций (методические разработки). - М.: Физич. ф-т МГУ, 1988, 1991.
2. Лебедева И.В. Физика шумов и вибраций. Методическая разработка по курсу лекций. М.: МГУ, 2009.

13. Материально-техническое обеспечение

13.1. Помещения - учебная аудитория. Лекционные и семинарские занятия по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями к материально-техническим условиям реализации ООП (п.5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика»). Аудиторный фонд для проведения учебных занятий включает достаточное количество аудиторий

для проведения лекций и семинарских занятий с количеством посадочных мест не менее 12 в каждой аудитории.

13.2. Оборудование – доска, фломастеры или мел.

13.3. Иные материалы. Крупноформатные цветные фотографии (имеются на кафедре акустики).

Специализированные компетенции профильной направленности обучения (специализированные компетенции магистерской программы)	
М-СПК-2	Способность свободно владеть профессиональными знаниями об источниках и механизмах генерации шума и вибрации, о методах решения задач по определению уровней шума и вибрации, методах измерений, методах снижения шума и вибрации и улучшения акустической экологии (уменьшения шумового загрязнения среды); знание основных практических задач снижения шума и вибрации и акустической экологии; умение ставить и решать конкретные задачи научных исследований в области физики шумов и вибраций и акустической экологии, планировать и организовывать исследования в области физики шумов и вибраций и акустической экологии, оформлять их результаты в виде научных отчетов, статей, докладов, презентаций.

