Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 18.09.2025 16:19:17
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Транспортный факультет

УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана
/М.Р. Рыбакова/
«27» февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Виброакустика на транспорте и в энергетике

Направление подготовки/ специальность
13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

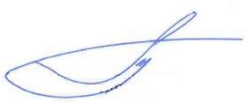
Профиль/ специализация
Проектирование и эксплуатация двигателей для транспорта и малой энергетики

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва, 2025

Разработчик(и):
к.т.н., доцент  /Д.В. Апелинский/

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики», д.т.н.  /Г.Г. Надарейшвили/

Оглавление

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
3. Структура и содержание дисциплины 5
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость 5
3.2. Тематический план изучения дисциплины 6
3.3. Содержание дисциплины 7
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 8
3.4.1. Семинарские/практические занятия 8
3.4.2. Лабораторные занятия 8
3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 9
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 10
4.1. Нормативные документы и ГОСТы 11
4.2. Основная литература 11
4.3. Дополнительная литература 11
4.4. Электронные образовательные ресурсы 11
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 11
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 11
5. Материально-техническое обеспечение 13
6. Методические рекомендации 13
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 13
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 14
7. Фонд оценочных средств 15
7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения 15
7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения 16
7.3. Оценочные средства 17
Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации успеваемости. Вопросы для собеседования со студентами. 19

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО и образовательной программы.

Задачами освоения дисциплины являются:

- Формирование у студентов фундаментальных знаний в области виброакустики, связанных с эксплуатацией и диагностикой поршневых и газотурбинных двигателей.
- Освоение методов измерения, анализа и снижения вибраций и шума в энергетических и транспортных двигателях.
- Развитие практических навыков работы с оборудованием и программным обеспечением для виброакустической диагностики.
- Подготовка студентов к решению инженерных задач, связанных с повышением надёжности, экологичности и комфорта эксплуатации двигателей.

Обучение по дисциплине «Виброакустика на транспорте и в энергетике» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ИОПК-3.1. Умеет применять соответствующий физико-математический аппарат при решении профессиональных задач ИОПК-3.2. Умеет применять методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Задачи обучения

1. Ознакомить с основными понятиями и физическими принципами вибраций и акустики в двигателях.
2. Изучить механические основы колебательных процессов и их математическое описание.
3. Проанализировать особенности вибраций и шума в поршневых и газотурбинных двигателях.
4. Освоить методы измерения и диагностики вибраций и акустических шумов с использованием современного оборудования.
5. Изучить методы снижения вибраций и шума на конструктивном и техническом уровнях.
6. Приобрести навыки моделирования виброакустических процессов с применением специализированного программного обеспечения.
7. Ознакомить с современными тенденциями, инновационными материалами и интеллектуальными системами диагностики в виброакустике.
8. Развить умения анализа вибрационных и акустических данных для принятия инженерных решений.
9. Сформировать навыки комплексного проведения виброакустических исследований на учебных и реальных объектах.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в часть блока Б.1 – «Обязательная часть», подраздел Б1.1.27

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения, навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: Альтернативные энергоустановки для децентрализованной энергетики, Конструкции и схемы перспективных двигателей внутреннего сгорания, Конструирование и расчет механизмов энергетических установок.

Знания, умения, навыки, сформированные данной дисциплиной, будут востребованы при изучении таких дисциплин как: Проектирование тепловых двигателей для транспорта и малой энергетики, Проектирование и эксплуатация энергоустановок гибридных и электрических автомобилей, подготовке к процедуре защиты и защите выпускной квалификационной работы.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 часов).

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			7
1	Аудиторные занятия	54	54
	В том числе:		
	Лекции	18	18
	Семинарские/практические занятия	36	36
	Лабораторные занятия	-	-
2	Самостоятельная работа	90	90
3	Промежуточная аттестация		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	Экзамен	Экзамен
	Итого	144	144

3.2. Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Всего	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	Тема 1. Введение в виброакустику	16	6	2	4	0	10
2	Тема 2. Основы механики колебаний	16	6	2	4	0	10
3	Тема 3. Вибрации в поршневых двигателях	16	6	2	4	0	10
4	Тема 4. Вибрации в газотурбинных двигателях	16	6	2	4	0	10
5	Тема 5. Акустика и шум в двигателях	16	6	2	4	0	10
6	Тема 6. Методы измерения и диагностики вибраций и шума	16	6	2	4	0	10
7	Тема 7. Методы снижения вибраций и шума	16	6	2	4	0	10
8	Тема 8. Моделирование виброакустических процессов	16	6	2	4	0	10
9	Тема 9. Современные тенденции и перспективы развития виброакустики	16	6	2	4	0	10
	Итого:	144	54	18	36	0	90

3.3. Содержание дисциплины

МОДУЛЬ 1. ВВВ
ЛЕКЦИЯ 1. Введение в виброакустику.
§1. Основные понятия вибрация и шума.
§2. Источники виброакустических процессов в транспорте и энергетике.
§3. Роль виброакустики в эксплуатации двигателей.
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

ЛЕКЦИЯ 2. Основы механики колебаний
§1. Свободные и вынужденные колебания.
§2. Гармонические и нелинейные колебания.
§3. Математические модели вибраций.
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

ЛЕКЦИЯ 3. Вибрации в поршневых двигателях.
§1. Источники вибраций в ДВС.
§2. Анализ динамических нагрузок.
§3. Вибрации шатунно-поршневой группы, коленвала и подшипников.
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

ЛЕКЦИЯ 4. Вибрации в газотурбинных двигателях.
§1. Особенности вибраций в турбинах и компрессорах.
§2. Аэродинамические и механические источники вибраций.
§3. Вибрационный анализ валов и роторов.
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

ЛЕКЦИЯ 5. Акустика и шум в двигателях.
§1. Механизмы генерации шума.
§2. Характеристики звуковых волн.
§3. Нормативные требования к шуму.
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

ЛЕКЦИЯ 6. Методы измерения и диагностики вибраций и шума.
§1. Виброметрия и акустическая диагностика.
§2. Используемое оборудование и датчики.
§3. Обработка и анализ сигналов.
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Лекция 7. Методы снижения вибраций и шума
§1. Конструктивные методы и виброизоляция.
§2. Гашение колебаний.
§3. Акустические экраны и шумопоглощение.
Список использованных источников.

ЛЕКЦИЯ 8. Моделирование виброакустических процессов.
§1. Программные средства и методы моделирования.
§2. Анализ результатов моделирования.
§3. Примеры применения в двигателестроении.
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

ЛЕКЦИЯ 9. Современные тенденции и перспективы развития виброакустики
§1. Новые материалы и технологии.
§2. Интеллектуальные системы диагностики
§3. Экологические аспекты виброакустики
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

В связи с проведением лекций в дистанционном формате и с целью повышения эффективности усвоения учебного материала, студенты должны вести рукописный конспект лекций во время всех дистанционных лекций.
Конспект должен быть оформлен в соответствии с требованиями кафедры, включая:
• Дату проведения лекции.
• Тему лекции.
• Основные тезисы и определения.
• Схемы, графики, формулы и другие визуальные материалы, представленные на лекции.
• Личные комментарии и вопросы, возникшие в ходе лекции.
Конспект должен быть аккуратным, понятным и легко читаемым.
Наличие рукописного конспекта лекций является обязательным условием для допуска к промежуточной аттестации.
Студенты, не предоставившие конспекты лекций, не будут допущены к промежуточной аттестации.
В течение семестра профессорско-преподавательский состав должен не менее двух раз (в период текущего контроля успеваемости) проводить проверку конспектов лекций.
Итоговые конспекты лекций должны быть предоставлены на проверку не позднее, чем за неделю до начала зачётно-экзаменационной сессии.

3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

1. Ознакомление с оборудованием для измерения вибраций и шума.
2. Измерение свободных колебаний на моделях.
3. Определение собственных частот и форм колебаний.
4. Измерение вибраций поршневого двигателя в разных режимах работы.
5. Анализ спектра вибраций поршневого двигателя.
6. Измерение шума поршневого двигателя.
7. Диагностика технического состояния по вибрационным сигналам.
8. Измерение вибраций газотурбинного двигателя (или его модели).
9. Анализ вибрационных сигналов газотурбинного двигателя.
10. Измерение шума газотурбинного двигателя.
11. Исследование влияния виброизоляционных материалов.
12. Определение эффективности виброизоляции на вибрационных установках.
13. Обработка и фильтрация виброакустических сигналов.
14. Использование программного обеспечения для анализа вибраций.
15. Моделирование вибраций в простых системах с помощью ПО.
16. Исследование влияния демпфирования на вибрации.
17. Разработка рекомендаций по снижению вибраций и шума.
18. Итоговый практикум: комплексное измерение и анализ виброакустики на учебном стенде или реальном оборудовании.

3.4.2. Лабораторные занятия

Лабораторные работы по дисциплине не предусмотрены.

3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Варианты тем курсовой работы.

Исследование источников и характеристик вибраций в поршневых двигателях

Цель: Изучение природы и происхождения вибраций, возникающих в поршневых двигателях различного типа, и их количественная оценка.

Диагностика технического состояния поршневого двигателя по виброакустическим показателям

Цель: Разработка методов и процедур диагностики неисправностей поршневых двигателей на основе анализа вибраций и акустических сигналов.

Методика измерения и анализа шумовых характеристик газотурбинных двигателей

Цель: Анализ механизмов генерации шума в газотурбинных двигателях и разработка методов измерения и оценки акустических характеристик.

Эффективность методов виброизоляции в поршневых двигателях

Цель: Исследование возможностей снижения вибраций в поршневых двигателях посредством применения эффективных виброизолирующих систем и материалов.

Прогрессивные материалы и технологии в борьбе с вибрациями газотурбинных двигателей

Цель: Анализ инновационных материалов и технологий, используемых для снижения вибраций и повышения надежности газотурбинных двигателей.

Моделирование вибрационно-акустических процессов в поршневом двигателе с помощью численных методов

Цель: Применение методов конечно-элементного анализа и моделирования для оценки и предсказания уровней вибраций и шума в поршневых двигателях.

Система диагностики неисправностей газотурбинного двигателя на основе виброакустических сигналов

Цель: Разработка алгоритмов и методов диагностики состояний газотурбинных двигателей на основе анализа виброакустических параметров.

Экспериментальное исследование шумовых характеристик поршневого двигателя и методы их снижения

Цель: Экспериментальное измерение шумовых характеристик поршневых двигателей и анализ эффективности методов борьбы с шумом.

Механизм генерации и распространение вибраций в газотурбинных двигателях

Цель: Глубокий анализ механизмов возникновения и распространения вибраций в газотурбинных двигателях, разработка рекомендаций по уменьшению их негативного влияния.

Методы анализа вибраций поршневого двигателя с использованием частотного анализа

Цель: Практическое освоение методов частотного анализа вибраций поршневых двигателей и их использование для диагностики и оценки технического состояния.

Изучение методов и средств активной виброзащиты в газотурбинных двигателях

Цель: Рассмотрение активных методов снижения вибраций с помощью управляемых демпферов и компенсаторов, оценка их эффективности.

Воздействие вибраций на долговечность и надежность поршневых двигателей

Цель: Установление зависимостей между уровнем вибраций и сроком службы основных элементов поршневых двигателей, выработка рекомендаций по увеличению ресурса.

Оценка эффективности пассивных методов борьбы с вибрациями в газотурбинных двигателях

Цель: Оценка эффективности классических методов снижения вибраций (демпферы, виброгасители, изолирующие прокладки) в газотурбинных двигателях.

Анализ особенностей аэроакустических характеристик лопастей вентиляторной ступени газотурбинного двигателя

Цель: Изучение закономерностей распространения шума от лопастей вентиляторной ступени и разработка рекомендаций по снижению уровня звука.

Создание цифрового двойника для виброакустического анализа поршневого двигателя

Цель: Создание виртуальной модели поршневого двигателя, позволяющей производить анализ и прогнозирование вибрационных и акустических характеристик.

Исследование акустических полей, создаваемых газотурбинным двигателем, и разработка мероприятий по их снижению

Цель: Постановка эксперимента по исследованию акустических полей газотурбинного двигателя и оценка эффективности различных методов снижения шума.

Влияние виброакустических характеристик на комфорт пассажиров транспортного средства

Цель: Анализ и оценка вклада вибраций и шума, генерируемых транспортными двигателями, в восприятие комфорта пассажирами и экипажем.

Оптимизация виброакустических характеристик поршневого двигателя методом многоцелевого проектирования

Цель: Совершенствование конструкции поршневого двигателя на основе методов многокритериальной оптимизации с

Целью минимизации вибраций и шума.

Анализ источников и характеристик вибраций в поршневом двигателе внутреннего сгорания.

Диагностика технического состояния газотурбинного двигателя по вибрационным параметрам.

Методы измерения и обработки виброакустических сигналов в энергетических двигателях.

Исследование спектральных характеристик шума поршневого двигателя на разных режимах работы.

Разработка рекомендаций по снижению вибраций и шума в газотурбинных двигателях с применением виброизоляции.

Моделирование вибрационных процессов в шатунно-поршневой группе двигателя с использованием специализированного программного обеспечения.

Оценка эффективности виброизоляционных материалов и систем демпфирования в транспортных двигателях.

Влияние аэродинамических факторов на вибрации роторов газотурбинных двигателей.

Применение интеллектуальных систем диагностики для контроля виброакустического состояния двигателей.

Анализ нормативных требований по шуму и вибрациям и их применение в проектировании двигателей.

Исследование влияния демпфирования на амплитуду вибраций в простых механических системах.

Комплексное виброакустическое обследование учебного стенда поршневого двигателя: методы, результаты, рекомендации.

Сравнительный анализ вибраций и шума в поршневых и газотурбинных двигателях.

Использование методов спектрального анализа для выявления дефектов в подшипниках двигателя.

Разработка акустических экранов и шумопоглощающих систем для снижения шума двигателей в транспортных средствах.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1. Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 10150– 2014 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Общие технические условия

2. ГОСТ Р 54120-2010 Двигатели автомобильные. Пусковые качества. Технические требования

3. ГОСТ Р 52033-2003 Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния

4. ГОСТ Р 52160—2003 автотранспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния.

4.2. Основная литература

1. Попов, А. Л. Виброакустика тонкостенных конструкций : А. Л. Попов. — Москва : МИСИ – МГСУ, 2014. — 72 с. — ISBN 978-5-7264-0977-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/73661 (дата обращения: 25.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Жеглов, Л. Ф. Виброакустика колесных машин : Л. Ф. Жеглов. — 2-е изд. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. — 170 с. — ISBN 978-5-7038-3710-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/58534 (дата обращения: 25.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Крапивцев, В. Г. Виброакустика колесных машин : / В. Г. Крапивцев. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. — 135 с. — ISBN 978-5-7038-3324-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/52139 (дата обращения: 25.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4.3. Дополнительная литература

1. Глазков, Ю. Ф. Специальные главы прочности. Расчет тонкостенных и стержневых конструкций методом конечных элементов : Ю. Ф. Глазков. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2012. — 79 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/69416 (дата обращения: 25.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Красильников, А. З. Анализ прочности элементов конструкций : А. З. Красильников, Н. Р. Туркина. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2021. — 75 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/220148 (дата обращения: 25.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4.4. Электронные образовательные ресурсы

Виброакустика на транспорте и в энергетике
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=15724

4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее ПО:
Операционная система Windows 7 и выше, Офисные приложения Microsoft Office.

4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Для освоения дисциплины рекомендуются следующие сайты информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

http://минобрнауки.рф/ - Министерство образования и науки РФ;

http://fcior.edu.ru/ - Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов;
http://fgosvo.ru/ - Портал Федеральных государственных образовательных стандартов;
http://www.consultant.ru/ - Справочная правовая система «Консультант Плюс»;
http://www.garant.ru/ - Справочная правовая система «Гарант»;
http://www.edu.ru/ - Российское образование. Федеральный портал;
http://www.opengost.ru/ - Сайт, содержащий полные тексты нормативных документов.

Перечень информационных систем:

Научная библиотека Московского политехнического университета. http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog

База данных содержит в себе 102678 учебных материалов различной направленности 1939 из которых полнотекстовые. Доступ к электронному каталогу можно получить с любого устройства, имеющим подключение к интернету.

Электронный каталог БИЦ МГУП.

http://mgup.ru/library/

Электронный каталог позволяет производить поиск по базе данных библиотеки МГУП.

ЭБС издательства «ЛАНЬ».

https://e.lanbook.com/

ЭБС «ЛАНЬ» - ресурс, предоставляющий online-доступ к научным журналам и полнотекстовым коллекциям книг различных издательств.

Доступ к ЭБС издательства «ЛАНЬ» осуществляется со всех компьютеров университета.

ЭБС «Polpred».

http://polpred.com/news

ЭБС представляет собой архив важных публикаций, собираемых вручную. База данных с рубрикатором: 53 отрасли/ 600 источников/ 9 федеральных округов РФ/ 235 стран и территорий/ главные материалы/ статьи и интервью 8000 первых лиц. Для доступа к полным текстам ЭБС с компьютеров на территории учебных корпусов университета авторизация не требуется.

«КиберЛенинка» - научная библиотека открытого доступа.

http://cyberleninka.ru/

Это научная электронная библиотека открытого доступа (Open Access).

Библиотека комплектуется научными статьями, публикациями в журналах России и ближнего зарубежья. Научные тексты, представленные в библиотеке, размещаются в интернете бесплатно, в открытом доступе. Пользователям библиотеки предоставляется возможность читать научные работы с экрана планшета, мобильного телефона и других современных мобильных устройств.

Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU».

http://elibrary.ru/defaultx.asp

Крупнейшая в России электронная библиотека научных публикаций, обладающая богатыми возможностями поиска и анализа научной информации. Библиотека интегрирована с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ) - созданным по заказу Минобрнауки РФ бесплатным общедоступным инструментом измерения публикационной активности ученых и организаций.

Реферативная и наукометрическая электронная база данных «Scopus».

https://www.scopus.com/home.uri

Индексирует не менее 20500 реферируемых научных журналов, которые издаются не менее чем 5000 издательствами и содержат не менее 47 млн. библиографических записей, из которых не менее 24 млн. включают в себя списки цитируемой литературы.

База данных «Knovel» издательства «Elsevir».

https://app.knovel.com/web/

Полнотекстовая база данных для поиска инженерной информации и поддержки принятия инженерных решений.

Доступ к электронным базам данных «Scopus» и «Knovel» осуществляется круглосуточно через сеть Интернет в режиме он-лайн по IP-адресам, используемым университетом для выхода в сеть Интернет.

Поисковые интернет-системы: Google, Yandex, Yahoo, Mail, Rambler, Bing и др.

Информационная система предоставляет свободный доступ к каталогу образовательных Интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно- методической библиотеке для общего и профессионального образования. Доступ с любого компьютера, подключенного к Интернет.

5. Материально-техническое обеспечение

1) Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-222 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

2) Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-223 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

3) Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-224 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

4) Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Н-406 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

5) Комплекты мебели для учебного процесса.

6) Мультимедийное оборудование: Экран для проектора, переносной ноутбук, переносной проектор.

6. Методические рекомендации

6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS). Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- четко представлять себе, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- познакомится с видами учебной работы;
- изучить содержание разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность исодержание различных точек зрения и

научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины осуществляется при контактной работе с преподавателем и в процессе самостоятельной работы. Эффективное освоение дисциплины предполагает регулярное посещение всех видов аудиторных занятий, выполнение плана самостоятельной работы в полном объеме и прохождение аттестации в соответствии с календарным учебным графиком.

Студенту рекомендуется ознакомиться со списком основной и дополнительной литературы и взять в библиотеке издания в твёрдой копии (необходимо иметь при себе читательский билет и уметь пользоваться электронным каталогом).

Доступ к информационным ресурсам библиотеки и информационно-справочным системам сети «Интернет» организован в читальных залах библиотеки со стационарных ПЭВМ, либо с личного ПЭВМ (ноутбука, планшетного компьютера или иного мобильного устройства) посредством беспроводного доступа при активации индивидуальной учетной записи.

Пользование информационными ресурсами расширяет возможности освоения теоретического курса, выполнения самостоятельной работы и позволяет получить информацию для реализации творческих образовательных технологий: выполнения реферата на заданную или самостоятельно выбранную тему в рамках тематики дисциплины.

Изучение дисциплины должно сопровождаться интенсивной самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и с материалами, полученными на лекционных занятиях. Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого дня изучения дисциплины и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать, перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное

взаимодействие между преподавателем-консультантом и студентами, направленное на разрешение проблем и внесение позитивных изменений в деятельность студентов.

7. Фонд оценочных средств

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов предусмотрен фонд оценочных средств (ФОС), позволяющий оценить достижение запланированных результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций. Фонд оценочных средств состоит из комплектов контрольно-оценочных средств. Комплекты контрольно-оценочных средств включают в себя контрольно-оценочные материалы, позволяющие оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций.

7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения

Оценивание и контроль сформированности компетенций осуществляется с помощью текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации. Для этого семестр делится на три периода. По окончанию первого периода (контрольная точка 1 (КТ1)) проводится собеседование со студентами по изученному на данный момент материалу. По окончанию второго периода обучения (КТ2) проводится аналогичная процедура. Третий период заканчивается промежуточной аттестацией по всему пройдённому материалу.

Текущий контроль успеваемости студентов предназначен для повышения мотивации студентов к систематическим занятиям, оценивания степени усвоения студентами учебного материала. Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение периода теоретического обучения семестра по всем видам аудиторных занятий и самостоятельной работы студента.

Текущий контроль успеваемости в процессе изучения дисциплины может проводиться по усмотрению преподавателя в форме устного собеседования или посредством прохождения тестов, размещённых в соответствующем онлайн-курсе системы дистанционного обучения Московского Политеха.

Если текущий контроль проходит в формате тестирования, то для теста характерны следующие особенности:

Объем теста- 20 тестовых заданий.

Тест имеет ограничение по времени – 25 мин. По истечении времени, вносить изменения в тест будет невозможно.

По окончанию всего теста выдается информация о том, зачтен тест или нет.

При оценке текущей успеваемости с использованием устного собеседования рекомендуются следующие критерии:

1. Знание теории (40%)

Понимание основных понятий, терминологии и закономерностей дисциплины

Способность воспроизводить и объяснять ключевые положения

2. Практические навыки (35%)

Умение применять теоретические знания для решения типовых задач

Анализ и интерпретация результатов

3. Аргументация и качество ответов (15%)

Логичность, полнота и ясность изложения

Обоснование своих решений и выводов

4. Активность и самостоятельность (10%)

Участие в обсуждениях, выполнение дополнительных заданий

Проявление инициативы в обучении

Шкала оценивания (в процентах и по пятибалльной системе)

Процент выполнения	Оценка (5-балльная)	Характеристика результата
90–100%	5 (отлично)	Отличное знание материала, высокая активность
75–89%	4 (хорошо)	Хорошее усвоение материала, незначительные недочеты
60–74%	3 (удовлетворительно)	Базовое понимание, требуется доработка отдельных вопросов
Ниже 60%	2 (неудовлетворительно)	Недостаточный уровень знаний и навыков

Для допуска к промежуточной аттестации студент должен иметь оценку не ниже «удовлетворительно» (3) по результатам текущего контроля.

В случае неудовлетворительной оценки студенту рекомендуется дополнительная подготовка и повторное прохождение контроля до установленного срока.

Результаты текущего контроля успеваемости учитываются преподавателем при проведении промежуточной аттестации. Отставание студента от графика текущего контроля успеваемости по изучаемой дисциплине приводит к образованию текущей задолженности.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра. Промежуточная аттестация помогает оценить более крупные совокупности знаний и умений, формирование определенных профессиональных компетенций.

7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Форма аттестации: Экзамен

Система оценивания: При проведении промежуточной аттестации по дисциплине используется пятибалльная шкала оценки уровня сформированности компетенций студента:

Оценка	Баллы	Описание уровня освоения дисциплины
Отлично (5)	90-100	Знания и умения освоены в полном объёме, демонстрируются глубокое понимание и умение применять материал в различных ситуациях. Ошибки отсутствуют или единичны и незначительны.
Хорошо (4)	75-89	Знания и умения освоены в достаточном объёме, допускаются незначительные ошибки, студент способен решать типовые задачи и применять теоретические знания на практике.
Удовлетворительно (3)	60-74	Знания и умения освоены частично, имеются существенные пробелы, студент способен выполнять базовые задачи, но допускает ошибки при решении сложных вопросов.
Неудовлетворительно (2)	ниже 60	Знания и умения не освоены, студент не справился с основными требованиями экзамена, допускает систематические ошибки, отсутствует понимание ключевых понятий.

Критерии оценивания экзаменационных ответов

Критерий	Отлично (5)	Хорошо (4)	Удовлетворительно (3)	Неудовлетворительно (2)

Критерий	Отлично (5)	Хорошо (4)	Удовлетворительно (3)	Неудовлетворительно (2)
Глубина знаний	Полное и глубокое раскрытие темы, демонстрация понимания всех аспектов	Хорошее знание темы с незначительными пробелами	Поверхностное знание, основные понятия усвоены	Недостаточное знание, отсутствует понимание основных понятий
Аргументация и обоснование	Логичная, последовательная аргументация, примеры и доказательства	Аргументация присутствует, но не всегда последовательна	Аргументация слабая, недостаточно обоснована	Отсутствие аргументации, необоснованные суждения
Применение знаний	Умение применять знания в новых и нестандартных ситуациях	Применение знаний в типовых задачах	Применение знаний ограничено простыми примерами	Неумение применять знания на практике
Структура и оформление ответа	Ответ структурирован, логичен, грамотно оформлен	Ответ в целом структурирован, мелкие ошибки в оформлении	Ответ слабо структурирован, ошибки в оформлении	Ответ неструктурирован, множество ошибок

7.3. Оценочные средства

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке (КТ1). Вопросы для собеседования со студентами

Вопросы для проверки знаний и понимания

1. Дайте определение вибраций и акустического шума. Какие основные источники виброакустических процессов характерны для поршневых и газотурбинных двигателей?
2. Объясните физическую природу свободных и вынужденных колебаний. Чем отличаются гармонические колебания от нелинейных?
3. Какие механизмы генерации вибраций характерны для шатунно-поршневой группы и коленвала поршневого двигателя?
4. Какие особенности вибраций характерны для валов и роторов газотурбинных двигателей? Какова роль аэродинамических факторов?
5. Какие основные характеристики звуковых волн необходимо учитывать при анализе шума двигателей?
6. Какие существуют нормативные требования по уровню шума и вибраций для энергетических и транспортных двигателей?
7. Назовите и опишите основные методы измерения вибраций и акустического шума. Какие датчики и приборы для этого используются?
8. Как проводится спектральный анализ виброакустических сигналов? Какие параметры при этом оцениваются?
9. Какие конструктивные методы снижения вибраций и шума применяются в двигателестроении?
10. Что такое виброизоляция и гашение колебаний? Какие материалы и системы используются для этих целей?
11. Какие программные средства применяются для моделирования виброакустических процессов? Какие задачи решаются с их помощью?

12. Как интеллектуальные системы диагностики помогают в оценке технического состояния двигателей по виброакустическим параметрам?

13. Какие экологические аспекты связаны с виброакустикой двигателей, и как их учитывают при проектировании?

14. Каковы основные этапы комплексного виброакустического исследования двигателя?

Вопросы для проверки практических навыков и анализа

15. Опишите процедуру измерения собственных частот и форм колебаний на вибрационной модели.

16. Какие особенности необходимо учитывать при измерении вибраций поршневого двигателя в различных режимах работы?

17. Как интерпретировать спектр вибраций поршневого двигателя? Какие признаки указывают на неисправности?

18. Какие параметры вибраций и шума необходимо контролировать для диагностики технического состояния газотурбинного двигателя?

19. Как оценить эффективность виброизоляционных материалов на практике? Какие методы измерений и анализа при этом используются?

20. Опишите процесс обработки и фильтрации виброакустических сигналов. Какие типы фильтров применяются?

21. Как использовать программное обеспечение для моделирования и анализа вибраций? Приведите пример задачи.

22. Какие факторы влияют на демпфирование колебаний и как их можно исследовать экспериментально?

23. Как составить рекомендации по снижению вибраций и шума на основе результатов измерений и моделирования?

24. Опишите порядок проведения итогового комплексного виброакустического анализа на учебном стенде или реальном оборудовании.

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке (КТ2). Вопросы для собеседования со студентами

Вопросы для оценки интеграции знаний и инженерного мышления

25. Представьте, что уровень вибраций поршневого двигателя превышает нормативы. Какие шаги вы предпримете для выявления и устранения причин?

26. Как можно использовать цифровые модели виброакустических процессов для оптимизации конструкции двигателя?

27. Обсудите преимущества и ограничения конструктивных и технических методов снижения вибраций и шума.

28. Как современные интеллектуальные системы диагностики могут повысить надёжность эксплуатации двигателей?

29. Какие инновационные материалы и технологии могут применяться для повышения виброакустического комфорта и экологичности двигателей?

30. Каковы основные риски при неправильном учёте виброакустических факторов в проектировании и эксплуатации двигателей?

Анализ источников и характеристик вибраций в поршневом двигателе внутреннего сгорания.

Диагностика технического состояния газотурбинного двигателя по вибрационным параметрам.

Методы измерения и обработки виброакустических сигналов в энергетических двигателях.

Исследование спектральных характеристик шума поршневого двигателя на разных режимах работы.

Разработка рекомендаций по снижению вибраций и шума в газотурбинных двигателях с применением виброизоляции.

Моделирование вибрационных процессов в шатунно-поршневой группе двигателя с использованием специализированного программного обеспечения.

Оценка эффективности виброизоляционных материалов и систем демпфирования в транспортных двигателях.

Влияние аэродинамических факторов на вибрации роторов газотурбинных двигателей.

Применение интеллектуальных систем диагностики для контроля виброакустического состояния двигателей.

Анализ нормативных требований по шуму и вибрациям и их применение в проектировании двигателей.

Исследование влияния демпфирования на амплитуду вибраций в простых механических системах.

Комплексное виброакустическое обследование учебного стенда поршневого двигателя: методы, результаты, рекомендации.

Сравнительный анализ вибраций и шума в поршневых и газотурбинных двигателях.

Использование методов спектрального анализа для выявления дефектов в подшипниках двигателя.

Разработка акустических экранов и шумопоглощающих систем для снижения шума двигателей в транспортных средствах.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации успеваемости. Вопросы для собеседования со студентами.

1. Теоретические вопросы (фундаментальные знания и понимание)

1. Дайте определение вибрации и акустического шума. В чем их основные различия и взаимосвязь?

2. Какие основные виды виброакустических процессов характерны для поршневых и газотурбинных энергетических установок?

3. Объясните физические основы возникновения свободных и вынужденных колебаний в механических системах.

4. Каковы основные математические модели динамики роторов и поршневых механизмов? Какие параметры при этом учитываются?

5. Какие механические, аэродинамические и тепловые источники вибраций и шума присутствуют в поршневых и газотурбинных двигателях?

6. Какие современные методы и сенсоры применяются для измерения вибраций и шума? Какие характеристики сигналов при этом важны?

7. Что такое спектральный и вейвлет-анализ? В каких случаях предпочтительно применять каждый из них?

8. Опишите основные признаки виброакустических дефектов в энергетических установках.

9. Какие методы машинного обучения используются для автоматизированной диагностики по виброакустическим данным?

10. Какие конструктивные и технические меры применяются для снижения вибраций и шума в энергетическом оборудовании?

11. Что такое активное гашение вибраций? Какие преимущества и ограничения у этого метода?

12. Как современные интеллектуальные системы мониторинга повышают надежность и экологичность энергетических установок?

13. Какие экологические стандарты и требования существуют в области виброакустики энергетики?

2. Практические вопросы (применение знаний и навыков)

14. Опишите процедуру калибровки виброакустического измерительного оборудования.

15. Как провести измерение вибраций на модели поршневого двигателя? Какие параметры следует контролировать?

16. Как интерпретировать спектр вибраций поршневого двигателя? Какие гармоники сигнализируют о конкретных дефектах?

17. Опишите процесс измерения акустического шума и основные параметры, которые необходимо оценить.

18. Как применить фильтры для обработки виброакустических сигналов? В чем разница между низкочастотной и высокочастотной фильтрацией?

19. Как влияет режим работы двигателя на виброакустические характеристики? Приведите примеры.

20. Опишите методику диагностики дефектов ротора газотурбинного двигателя по вибрационным сигналам.

21. Как использовать вейвлет-анализ для выявления аномалий в виброакустических данных?

22. Как оценить эффективность виброизоляционных материалов на основе экспериментальных данных?

23. Опишите основные этапы моделирования виброакустических процессов с использованием численных методов.

24. Как применить методы машинного обучения для классификации виброакустических сигналов? Какие данные необходимы?

25. Какие параметры вибраций и шума следует контролировать при комплексном виброакустическом исследовании?

3. Интеграционные и проблемно-ориентированные вопросы

26. Представьте, что при эксплуатации газотурбинного двигателя выявлен повышенный уровень шума. Какие шаги вы предпримете для диагностики и устранения проблемы?

27. Как можно использовать численное моделирование для оптимизации конструкции поршневого двигателя с целью снижения вибраций?

28. Обсудите преимущества и недостатки активных и пассивных методов снижения вибраций.

29. Как современные интеллектуальные системы мониторинга могут интегрироваться в систему технической диагностики энергетических установок?

30. Какие инновационные материалы и технологии шумоподавления вы бы рекомендовали для повышения экологичности энергетического оборудования?

31. Какие риски связаны с игнорированием виброакустических факторов при проектировании и эксплуатации двигателей?

32. Каковы перспективы развития виброакустики в энергетике с учетом современных тенденций и требований?

4. Вопросы для самоконтроля и обсуждения (для развития критического мышления)

33. Сравните спектральный и вейвлет-анализ с точки зрения их применимости к виброакустическим сигналам.

34. Почему важно учитывать нелинейные эффекты в динамике виброакустических систем?

35. Какие сложности возникают при диагностике дефектов по виброакустическим сигналам в реальных условиях эксплуатации?

36. Как можно повысить точность и надежность диагностики с помощью машинного обучения?

37. Обсудите роль экологических стандартов в формировании требований к виброакустике энергетических установок.