Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 13.08.2026 10:18:29
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/
«26» февраля 2026 г

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

# СНИЖЕНИЕ ШУМА И ВИБРАЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки/ специальность
**13.03.03 «Энергетическое машиностроение»**

Профиль/ специализация
**Поршневые двигатели и турбомашины**

Квалификация
**Бакалавр**

Форма обучения
**Очная**

Москва, 2026

**Разработчик(и):**
к.т.н., доцент  /И.В. Малкин/

**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 ..... 5
3. Структура и содержание дисциплины ..... 5
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость ..... 6
3.2. Тематический план изучения дисциплины ..... 6
3.3. Содержание дисциплины ..... 7
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий ..... 9
3.4.1. Семинарские/практические занятия ..... 9
3.4.2. Лабораторные занятия ..... 10
3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) ..... 10
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение ..... 10
4.1. Нормативные документы и ГОСТы ..... 10
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 ..... 12
5. Материально-техническое обеспечение ..... 12
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 ..... 19

## 1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

**Целью освоения дисциплины** является формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков в области физических основ возникновения шума и вибрации автотранспортных средств, методов их измерения, анализа и нормирования, а также способов и средств снижения виброакустической активности поршневых двигателей, турбомашин и транспортных средств в целом на третьем этапе сквозного проектирования «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация».

**Задачами дисциплины являются:**

- изучение физической природы шума и вибрации, основных источников виброакустического излучения в автотранспортных средствах (двигатель, трансмиссия, ходовая часть, аэродинамические шумы);
- освоение методов математического описания колебательных процессов, спектрального анализа и основных характеристик вибрации и шума;
- формирование навыков работы с измерительной аппаратурой (шумомерами, виброметрами, анализаторами спектра) и методиками проведения виброакустических измерений;
- изучение современных методов и средств снижения шума и вибрации на путях их возникновения, распространения и излучения;
- приобретение навыков расчёта и проектирования виброизолирующих и звукопоглощающих конструкций, глушителей шума впуска и выпуска;
- освоение методов оценки виброакустических характеристик двигателей и транспортных средств на соответствие национальным и международным нормативным требованиям;
- изучение методов диагностики технического состояния агрегатов по виброакустическим параметрам;
- формирование умения разрабатывать рекомендации по снижению шума и вибрации на этапе проектирования и доводки двигателя и транспортного средства.

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|---|---|
| **ПК-3.** Способен планировать и проводить экспериментальные исследования (испытания) поршневых двигателей, турбомашин и их компонентов, обрабатывать и анализировать полученные данные, формулировать выводы и технические рекомендации | **ИПК-3.7.** Способен разработать план виброакустических испытаний силового агрегата на стенде |
| | **ИПК-3.8.** Способен обработать данные с акселерометров и микрофонов, строить спектры виброускорения и шума |
| | **ИПК-3.9.** Способен сравнивать результаты с нормативными уровнями, делать вывод о соответствии |

**Роль дисциплины в формировании компетенций:**

**Обеспечивающая.** Дисциплина формирует базовые знания о физической природе шума и вибрации, их физиологических характеристиках, а также о приборах и методах измерения шума и вибрации. Студенты изучают классификацию источников шума в автотранспортных средствах (двигатель, трансмиссия, системы впуска и выпуска, шины, аэродинамический шум), принципы работы шумомеров, акселерометров, методы измерения в заглушенных и реверберационных камерах. В ходе практических занятий осваиваются методы обработки и анализа спектров шума и вибрации. Полученные знания создают основу для последующего формирования навыков разработки плана виброакустических испытаний (ИПК-3.7), обработки данных с акселерометров и микрофонов, построения спектров (ИПК-3.8), сравнения результатов с нормативными уровнями и формулирования выводов о соответствии (ИПК-3.9).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина **«Снижение шума и вибрации автотранспортных средств»** относится к **части блока Б.1, формируемой участниками образовательных отношений** учебного плана (код дисциплины: Б1.2.10) и изучается в **6-м семестре**.

Данная дисциплина обеспечивает **третий этап сквозного проекта «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация»**, формируя у обучающихся понимание виброакустических процессов и методов снижения шума и вибрации, что является важной составляющей обеспечения конкурентоспособности и соответствия современным нормативным требованиям проектируемого двигателя и транспортного средства.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных при освоении следующих дисциплин и курсов:

- **Физика** (школьный курс, а также дисциплина «Физика» (Б1.1.26.3, 2-3 семестры): знание основ механики колебаний, акустики и волновых процессов необходимо для понимания природы шума и вибрации.
- **Инженерная механика в энергетическом машиностроении** (Б1.1.16, 3 семестр): знание законов динамики и теории колебаний механических систем является фундаментом для анализа вибрации.
- **Инженерная механика машин и механизмов** (Б1.1.21, 4 семестр): понимание динамики механизмов, включая методы уравновешивания, необходимо для анализа источников вибрации.
- **Динамический расчет поршневых двигателей** (Б1.2.4, 5 семестр): знание сил и моментов, действующих в КШМ, и методов уравновешивания двигателей необходимо для понимания основных источников вибрации.
- **Конструкция поршневых двигателей** (Б1.2.2, 2 семестр) и **Системы поршневых двигателей** (Б1.2.5, 5 семестр): знание конструкции двигателя и его систем необходимо для локализации источников шума и выбора методов их снижения.
- **Вычислительная гидрогазодинамика в проектировании и верификации двигателей** (Б1.1.19, 4-5 семестры): знание газодинамических процессов необходимо для понимания аэродинамических шумов и проектирования глушителей.

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении следующих дисциплин и освоении элементов образовательной программы, обеспечивая завершение третьего и переход к четвёртому этапу сквозного проекта:

- **Конструирование и расчет механизмов энергетических установок** (Б1.1.22, 5-6 семестры) и **Конструирование поршневых двигателей** (Б1.2.8, 6 семестр): результаты виброакустического анализа учитываются при конструировании (III этап).
- **Расчет и оптимизация деталей двигателя** (Б1.2.9, 6 семестр): модальный анализ и оптимизация собственных частот выполняются в CAE-системах (III этап).
- **Виброакустика на транспорте** (Б1.2.11, 7 семестр) – является логическим продолжением и углублением данной дисциплины.
- **Методы испытаний поршневых двигателей и турбомашин** (Б1.2.14, 7 семестр): виброакустические испытания являются важной частью доводки двигателя (IV этап).
- **Диагностика и техническая эксплуатация поршневых двигателей и турбомашин** (Б1.2.18, 8 семестр): вибродиагностика используется для определения технического состояния (V этап).
- Все последующие дисциплины, связанные с доводкой, испытаниями и эксплуатацией двигателей, а также подготовка и защита выпускной квалификационной работы.

## 3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **2 зачетные единицы (72 часа)**.

### 3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

| № п/п | Вид учебной работы | Количество часов | Семестры |
|---|---|---|---|
| | | | 6 |
| 1 | Аудиторные занятия | 36 | 36 |
| | В том числе: | | |
| 1.1 | Лекции | 18 | 18 |
| 1.2 | Семинарские/практические занятия | 18 | 18 |
| 1.3 | Лабораторные занятия | – | – |
| 2 | Самостоятельная работа | 36 | 36 |
| 3 | Промежуточная аттестация | | |
| | Зачет/диф.зачет/экзамен | Зачет | Зачет |
| | Курсовой проект | – | – |
| | Курсовая работа | – | – |
| | **Итого** | **72** | **72** |

### 3.2. Тематический план изучения дисциплины

| № п/п | Название раздела / темы | Всего часов | Аудиторная работа | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Самостоятельная работа |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Семестр 6** | **Снижение шума и вибрации автотранспортных средств** | | | | | |
| 1 | Тема 1. Введение в проблему шума и вибрации на транспорте | 10 | 4 | 2 | – | 4 |
| 2 | Тема 2. Физические и физиологические характеристики шума и вибрации | 12 | 4 | 2 | 2 | 4 |

| № п/п | Название раздела / темы | Всего часов | Аудиторная работа | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Самостоятельная работа |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | Тема 3. Приборы и методы измерения шума и вибрации | 12 | 4 | 2 | 2 | 4 |
| 4 | Тема 4. Заглушенные и реверберационные камеры | 14 | 4 | 2 | 4 | 4 |
| 5 | Тема 5. Экспериментально-расчетные методы исследования шума и вибрации | 12 | 4 | 2 | 2 | 4 |
| 6 | Тема 6. Основные источники шума и вибрации в автотранспортных средствах | 14 | 4 | 2 | 4 | 4 |
| 7 | Тема 7. Нефункциональные шумы и методы их устранения | 10 | 4 | 2 | – | 4 |
| 8 | Тема 8. Глушители шума систем газообмена ДВС | 12 | 4 | 2 | 2 | 4 |
| 9 | Тема 9. Пассивные методы снижения шума и вибрации | 12 | 4 | 2 | 2 | 4 |
| | **Итого за 1 семестр** | **72** | **36** | **18** | **18** | **36** |

## 3.3. Содержание дисциплины

**Семестр 6. Снижение шума и вибрации автотранспортных средств**

**Тема 1. Введение в проблему шума и вибрации на транспорте**

Актуальность проблемы шума и вибрации для здоровья человека и экологии. Шум как побочный продукт деятельности и возможности его снижения. Роль акустики в современном мире. «Колесо акустики» Линдси – основные направления научной и инженерной деятельности в акустике. Влияние шума транспортных потоков на селитебные территории. Вредное воздействие шума на водителей и

пассажиров. Место дисциплины в сквозном проектировании: обеспечение акустического комфорта разрабатываемого двигателя и транспортного средства.

**Тема 2. Физические и физиологические характеристики шума и вибрации**

Природа звука и его физические характеристики: частота, длина волны, скорость звука, звуковое давление, интенсивность. Зависимость скорости звука от температуры. Логарифмическая шкала уровней (децибелы, дБА). Уровень звукового давления (SPL). Связь виброскорости, виброускорения и виброперемещения. Операции с уровнями звукового давления (сложение, вычитание). Физиологические характеристики восприятия звука: анатомия слуха, порог слышимости, болевой порог. Кривые равной громкости. Межушная разница во времени (ITD) и интенсивности (IID). Маскировка звука. Классификация шума по частотной характеристике, природе возникновения, характеру спектра и временным характеристикам. Центральные частоты октавных и третьоктавных фильтров. Влияние шума и вибрации на организм человека. Нормируемые параметры и допускаемые уровни шума. Психоакустические критерии качества звука: громкость, резкость, тональность, шероховатость, сила колебания.

**Тема 3. Приборы и методы измерения шума и вибрации**

Устройства приема и воспроизведения звука: история развития микрофонов. Измерительные микрофоны: конструкция, принцип работы (конденсаторные, электротные), характеристики (чувствительность, частотная характеристика, характеристика направленности, уровень собственных шумов). Калибраторы микрофонов. Шумомеры: классификация (группы X, Y, Z; типы: обычные, интегрирующие-усредняющие, интегрирующие; классы точности 0, 1, 2, 3). Микрофонные решетки и акустические камеры. Интенсиметрические зонды.

Измерение вибрации: понятие вибрации, виды (местная, общая). Пьезоэлектрические, пьезорезистивные и емкостные акселерометры: принцип действия, особенности применения, характеристики (диапазон измерений, чувствительность, полоса пропускания, масса). Калибровка и способы крепления акселерометров. Сопроводительная документация и базы данных средств измерений.

**Тема 4. Заглушенные и реверберационные камеры**

Назначение и конструкции заглушенных камер. Свободное звуковое поле. Камеры с поглощающим и отражающим полом. Требования к строительной коробке и виброизоляции. Звукопоглощающие клинья. Назначение и конструкция реверберационных камер. Диффузное звуковое поле. Требования к непараллельности поверхностей и коэффициенту звукопоглощения. Примеры конструкций (НТЦ АВТОВАЗ, НАМИ). Виды измерений в заглушенных и реверберационных камерах. Определение звуковой мощности и характеристик направленности. Топологические карты распределения интенсивности звука.

**Тема 5. Экспериментально-расчетные методы исследования шума и вибрации**

Классификация источников шума по принадлежности к процессам. Внешний и внутренний шум АТС. Методы акустических испытаний автомобиля (внешний шум по Правилам ЕЭК ООН №51-02, внутренний шум). Акустические испытания систем впуска и выпуска ДВС. Модальный анализ: определение собственных частот, коэффициентов демпфирования и форм колебаний конструкции. Ударный молоток и модальный вибростенд. Частотная передаточная функция (FRF). Функция когерентности. Методы виброиспытаний: виброустойчивость, вибропрочность, вибростойкость. Вибростенды. Испытания скользящей синусоидой и случайным сигналом.

**Тема 6. Основные источники шума и вибрации в автотранспортных средствах**

Первичные источники шума: двигатель (корпусной шум, шум газообмена), трансмиссия, системы впуска и выпуска, шины, аэродинамический шум. Вторичные источники шума: вибрирующие панели кузова (пол, крыша, двери), детали интерьера, тяги приводов. Пути передачи вибрации от двигателя и трансмиссии на кузов. Графическое представление акустических характеристик (спектрограммы, 3D-карты).

**Тема 7. Нефункциональные шумы и методы их устранения**

Нефункциональные шумы (скрипы, стуки, дребезг): причины возникновения, классификация. Роль отсутствия технических требований. Параметры оценки нефункциональных шумов (амплитуда, частота, тип, продолжительность). Неровности покрытия и их искусственное воспроизведение для исследований (гребни, трамвайные пути, «лежачие полицейские»). Испытательные автополигоны (треки) и спецучастки (булыжник, «бельгийская мостовая», трамплины). Стенды «Имитатор дороги» для возбуждения автомобиля и локализации источников шума. Статическая оценка нефункциональных шумов на неподвижном автомобиле. Правила проектирования по исключению нефункциональных шумов. FMEA-анализ конструкции. Экспертная (субъективная) оценка виброакустического качества. Психоакустика и шкалы бальных оценок.

**Тема 8. Глушители шума систем газообмена ДВС**

Природа аэродинамического шума систем впуска и выпуска. Основные цели конструирования глушителей: акустическая эффективность (ΔL), гидросопротивление (ΔP), конструктивная простота. Принципиальные схемы систем впуска и выпуска. Классификация глушителей: абсорбционные (диссипативные), реактивные (отражательные, резонаторные), комбинированные. Принципы работы реактивных глушителей: камерные, резонаторы Гельмгольца, четвертьволновые резонаторы. Формулы для расчёта эффективности. Диссипативные глушители трубчатого и пластинчатого типа. Влияние звукопоглощающего материала. Оптимизированные конструкции камерных глушителей. Глушители нетипичной конструкции (с поворотами, экранами). Клапаны-глушители (шумоглушители) с изменяемой геометрией. Методы испытаний глушителей шума (на движущемся и неподвижном автомобиле, на моторном стенде).

**Тема 9. Пассивные методы снижения шума и вибрации**

Звукопоглощающие, звукоизолирующие и вибродемпфирующие материалы: классификация, характеристики, области применения. Динамические виброгасители (демпферы резонансного типа): принцип действия, настройка частоты, роль демпфирования. Примеры применения виброгасителей в АТС: на двигателе, коробке передач, раздаточной коробке, главной передаче, элементах подвески, системе выпуска, кузове, рулевом колесе. Демпферы крутильных колебаний. Методы и оборудование для определения характеристик акустических материалов (труба Кундта, Alpha Cabin, Isokell, установка «Башня Пиза», установка «Балка Оберст»). Определение коэффициента звукопоглощения, индекса звукоизоляции, динамического модуля упругости, коэффициента механических потерь. Испытания эластомеров. Принципы создания шумопонижающих конструкций. Примеры патентных решений низкошумных конструкций АТС: системы впуска и выпуска, звукопоглощающие панели, объемные поглотители, акустические экраны и кожухи, низкошумные системы HVAC, уплотнительные узлы. Системы активного шумоподавления (ANC) и активного контроля звука (ASC).

## 3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

### 3.4.1. Семинарские/практические занятия

| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование практического занятия | Трудоемкость (час.) |
|---|---|---|---|
| 1 | Тема 2 | Расчёт уровней звукового давления при сложении и вычитании источников шума | 2 |
| 2 | Тема 2 | Перевод единиц измерения вибрации (виброскорость, виброускорение, виброперемещение) | 2 |
| 3 | Тема 3 | Изучение устройства и принципа работы шумомера. Проведение пробных измерений | 2 |
| 4 | Тема 5 | Обработка и анализ спектров шума и вибрации. Построение спектрограмм | 2 |
| 5 | Тема 6 | Идентификация основных источников шума на примере реального автомобиля (по видеоматериалам) | 2 |
| 6 | Тема 8 | Расчёт эффективности камерного глушителя (по степени расширения) | 2 |
| 7 | Тема 8 | Расчёт резонансной частоты резонатора Гельмгольца и четвертьволнового резонатора | 2 |
| 8 | Тема 9 | Расчёт динамического виброгасителя (подбор массы и жёсткости) для заданной частоты | 2 |
| 9 | Тема 9 | Анализ патентной документации в области снижения шума и вибрации (работа с базами ФИПС, Espacenet) | 2 |
| | **Итого** | | **18** |

### 3.4.2. Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены учебным планом.

## 3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине не предусмотрены. Однако результаты освоения дисциплины используются при анализе виброакустических характеристик разрабатываемого двигателя и при разработке рекомендаций по снижению шума и вибрации в рамках выпускной квалификационной работы.

# 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 освоения дисциплины и выполнения учебных, научно-исследовательских и проектных работ в рамках образовательной программы рекомендуется использование следующего лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения.

Microsoft Windows – лицензионная операционная система, используемая для обеспечения работы всех учебных компьютеров и персональных устройств в аудиториях университета. Доступна на всех компьютерах университета в рамках лицензионного соглашения. Студенты могут использовать свободно распространяемые альтернативы (Linux, Astra Linux) для выполнения учебных задач.

Microsoft Office – лицензионный пакет офисных приложений, включающий текстовый редактор Word, табличный процессор Excel, программу для создания презентаций PowerPoint. Используется для оформления расчётно-пояснительных записок, отчётов, презентаций и другой учебной документации. Доступен на компьютерах университета. Свободными аналогами являются LibreOffice и OpenOffice.

КОМПАС-3D – российская система трёхмерного моделирования, широко используемая в отечественном машиностроении. Позволяет выполнять параметрическое моделирование,

создавать чертежи в соответствии с ЕСКД, проводить прочностные расчёты в среде APM FEM. Учебная версия доступна для свободного скачивания на сайте разработчика (https://kompas.ru).

### 4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Для успешного освоения образовательной программы и выполнения научно-исследовательских, проектных и выпускных квалификационных работ студентам рекомендуется использовать следующие современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.

**Научная электронная библиотека** eLIBRARY.RU – крупнейшая российская электронная библиотека научных публикаций, интегрированная с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ). Содержит полнотекстовые статьи из научных журналов по энергетическому машиностроению, двигателестроению и смежным отраслям. Позволяет отслеживать публикационную активность и находить актуальные исследования. Доступ открыт с любого компьютера через сеть Интернет по адресу: https://elibrary.ru.

**КиберЛенинка** – научная электронная библиотека открытого доступа. Содержит полнотекстовые научные статьи, в том числе по техническим наукам, энергетическому машиностроению и двигателестроению. Все материалы доступны бесплатно. Адрес ресурса: https://cyberleninka.ru.

**Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов (**docs.cntd.ru**)** – бесплатная база нормативных документов, включающая ГОСТы, технические условия, строительные нормы и правила. Удобна для оперативного поиска актуальных стандартов, необходимых при проектировании и расчётах деталей и узлов двигателей. Адрес: https://docs.cntd.ru.

**Росстандарт (ФГУП «Стандартинформ»)** – официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии. Содержит информацию о действующих стандартах, технических регламентах и нормативных документах. Адрес: https://www.gost.ru.

**Научная библиотека Московского политехнического университета** – электронный каталог библиотеки университета, содержащий информацию о фондах учебной и научной литературы. Доступен с любого устройства, имеющего подключение к интернету. Адрес: https://lib.mospolytech.ru.

**«Известия вузов. Машиностроение»** – рецензируемый научный журнал открытого доступа, публикующий статьи по актуальным проблемам машиностроения, включая двигателестроение. Входит в перечень ВАК. Содержит исследования по рабочему процессу ДВС, динамике, прочности и другим направлениям. Адрес: https://izvuzmash.ru.

**Объединение сетевых электронных библиотек (СЭБ)** – некоммерческое партнёрство, объединяющее научную и учебную литературу вузов — участников проекта. Обеспечивает доступ к учебно-методическим материалам по техническим специальностям. Доступ осуществляется через портал ЭБС «Лань»: https://e.lanbook.com (авторизация по IP-адресам университета или через личный кабинет).

## 5. Материально-техническое обеспечение

Для успешного освоения дисциплины используется общий аудиторный фонд университета и специализированные аудитории, закреплённые за кафедрой, имеющие следующее материально-техническое обеспечение:

| **Наименование специальных помещений** | **Оснащённость специальных помещений** |
|---|---|
| Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-222 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13 | Комплект мебели для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, экран для проектора, переносной ноутбук, проектор. Возможность доступа в интернет. |

| Наименование специальных помещений | Оснащённость специальных помещений |
|---|---|
| Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-223 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13 | Комплект мебели для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, переносной ноутбук. Возможность доступа в интернет. |
| Компьютерный класс № Нд-224 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13 | Компьютеры и мебель для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, переносной ноутбук. Возможность доступа в интернет. |
| Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-229 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13 | Комплект мебели для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, переносной ноутбук. Возможность доступа в интернет. |
| Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Н-406 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13 | Комплект мебели для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, экран для проектора, переносной ноутбук, проектор. Возможность доступа в интернет. |

# 6. Методические рекомендации

## 6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Эффективность освоения дисциплины определяется качеством организации учебного процесса, выбором адекватных форм и методов обучения. Преподавателю необходимо учитывать специфику дисциплины, уровень подготовленности обучающихся и современные образовательные технологии.

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.

**Перед началом преподавания преподавателю необходимо:**

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- чётко представлять, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- ознакомиться с видами учебной работы и содержанием разделов дисциплины.

**В ходе лекционного занятия преподаватель должен:**

- назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы;
- во вступительной части обосновать место и роль темы, раскрыть её практическое значение, увязать с предыдущим материалом;
- в основной части раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание на ключевых категориях, явлениях и процессах, аргументированно обосновывать собственную позицию, приводить примеры, задавать риторические вопросы;
- руководить конспектированием, подчёркивая необходимость фиксации основных положений;
- в заключительной части сформулировать выводы, объявить план следующего занятия, дать рекомендации по подготовке.

**При проведении практических (семинарских) занятий рекомендуется:**

- обеспечивать активное участие всех студентов, использовать индивидуальные выступления, групповые дискуссии, решение практических задач, разбор кейсов;
- контролировать степень усвоения материала, поощрять самостоятельный поиск информации.

**При проведении лабораторных занятий (при наличии) рекомендуется:**

- ознакомить студентов с правилами техники безопасности;
- обеспечить понимание цели и задач каждой работы;
- организовать защиту работ с оценкой понимания сущности изучаемых процессов.

**При организации самостоятельной работы студентов следует:**

- чётко формулировать задания, указывать сроки выполнения;
- обеспечивать необходимыми учебно-методическими материалами;
- осуществлять регулярный контроль выполнения.

**При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации рекомендуется:**

- использовать разнообразные формы контроля в соответствии с фондом оценочных средств;
- обеспечить объективность оценивания, руководствуясь установленными критериями;
- своевременно доводить результаты до студентов с указанием ошибок и рекомендаций.

**В целях повышения эффективности образовательного процесса рекомендуется использовать:**

- мультимедийные презентации для визуализации материала;
- интерактивные методы обучения (деловые игры, дискуссии, разбор кейсов);
- дистанционные образовательные технологии;
- материалы, размещённые в системе дистанционного обучения Московского Политеха (СДО-LMS).

## 6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

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

Студенту рекомендуется ознакомиться со списком основной и дополнительной литературы и взять в библиотеке необходимые издания. Доступ к информационным ресурсам организован в читальных залах библиотеки со стационарных ПЭВМ, либо с личного устройства через беспроводной доступ.

Изучение дисциплины должно сопровождаться интенсивной самостоятельной работой с рекомендованными источниками и материалами лекций. Начинать самостоятельные занятия следует с первого дня изучения дисциплины и проводить их регулярно.

Каждый студент должен самостоятельно планировать свою работу, исходя из возможностей и приоритетов. Для плодотворной работы важно организовать постоянное рабочее место, чередовать труд и отдых (перерывы каждые 1–2 часа).

Особое место уделяется консультированию как форме обучения и контроля. Консультирование предполагает взаимодействие между преподавателем и студентами, направленное на разрешение проблем.

**Для успешного освоения дисциплины рекомендуется:**

- систематически посещать лекции, вести конспект;
- готовиться к практическим занятиям заранее, изучая теорию и выполняя задания;
- при наличии лабораторных работ — выполнять их в соответствии с методическими указаниями, оформлять отчёты и готовиться к защите;
- своевременно выполнять задания для самостоятельной работы;
- активно участвовать в обсуждениях, задавать вопросы;
- использовать СДО-LMS для доступа к материалам и выполнения тестов;
- регулярно проверять свои знания с помощью вопросов для самопроверки.

**При подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации рекомендуется:**

- повторить теоретический материал по соответствующим разделам;
- выполнить практические задания, аналогичные разобранным на занятиях;
- ознакомиться с критериями оценивания;
- систематизировать материал, составить краткий план ответов;
- при необходимости посетить консультацию преподавателя.

Соблюдение данных рекомендаций позволит качественно освоить учебный материал и успешно пройти все формы контроля.

# 7. Фонд оценочных средств

## 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Сформированность компетенций при изучении дисциплины определяется посредством оценки соответствия ответов и/или выполнения заданий заявленным индикаторам в рамках мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации (зачёта). Дисциплина «Снижение шума и вибрации автотранспортных средств» является обеспечивающей для компетенции ПК-3, обеспечивая теоретические знания и практические навыки в области физических основ возникновения шума и вибрации автотранспортных средств, методов их измерения, анализа и нормирования, а также способов и средств снижения виброакустической активности поршневых двигателей, турбомашин и транспортных средств в целом на третьем этапе сквозного проектирования «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация».

В процессе изучения дисциплины оценивается сформированность следующих компетенций и индикаторов:

**ПК-3. Способен планировать и проводить экспериментальные исследования (испытания) поршневых двигателей, турбомашин и их компонентов, обрабатывать и анализировать полученные данные, формулировать выводы и технические рекомендации**

Индикаторы достижения компетенции:

- **ИПК-3.7.** Способен разработать план виброакустических испытаний силового агрегата на стенде.
- **ИПК-3.8.** Способен обработать данные с акселерометров и микрофонов, строить спектры виброускорения и шума.
- **ИПК-3.9.** Способен сравнивать результаты с нормативными уровнями, делать вывод о соответствии.

Дисциплина «Снижение шума и вибрации автотранспортных средств» обеспечивает третий этап сквозного проекта «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация», формируя у обучающихся понимание виброакустических процессов и методов снижения шума и вибрации, что является важной составляющей обеспечения конкурентоспособности и соответствия современным нормативным требованиям проектируемого двигателя и транспортного средства. В ходе изучения дисциплины студент осваивает физическую природу шума и вибрации, методы их измерения и анализа, классификацию источников шума и вибрации в транспортных средствах, методы и средства снижения шума и вибрации на путях их возникновения, распространения и излучения, а также методы расчёта и проектирования глушителей шума, виброизолирующих и звукопоглощающих конструкций.

В процессе изучения дисциплины используются следующие методы контроля.

**Текущее (рубежное) тестирование по модулям**

Проводится после завершения изучения каждого из двух модулей дисциплины. Тестирование осуществляется в письменной или компьютерной форме и включает вопросы закрытого и открытого типа, а также расчётные задачи, направленные на проверку знаний физических характеристик шума и вибрации, методов их измерения, основных источников шума и вибрации в транспортных средствах, методов расчёта глушителей шума, методов виброизоляции и вибродемпфирования. Результаты тестирования используются для оценки уровня освоения материала модуля и определения готовности студента к дальнейшему обучению. Проверяемые индикаторы: ИПК-3.7, ИПК-3.8, ИПК-3.9.

**Устный опрос (собеседование)**

Проводится в ходе практических занятий для проверки понимания студентом теоретического материала, способности аргументированно излагать физические основы возникновения шума и вибрации, объяснять методы их измерения, анализировать источники шума, обосновывать выбор методов и средств снижения шума и вибрации, разрабатывать план виброакустических испытаний. Устный опрос может быть как индивидуальным, так и фронтальным, и направлен на выявление глубины усвоения материала, умения применять полученные знания для решения профессиональных задач. В рамках сквозного проекта устный

опрос позволяет оценить способность студента разрабатывать мероприятия по снижению шума и вибрации проектируемого двигателя. Проверяемые индикаторы: ИПК-3.7, ИПК-3.8, ИПК-3.9.

**Практические занятия**

В ходе выполнения практических заданий (расчёт уровней звукового давления, перевод единиц измерения вибрации, обработка и анализ спектров шума и вибрации, расчёт эффективности камерного глушителя, расчёт резонансной частоты резонатора Гельмгольца, расчёт динамического виброгасителя, анализ патентной документации) оценивается способность студента применять теоретические знания для решения конкретных профессиональных задач. Результаты выполнения практических заданий фиксируются в виде отчётов, которые защищаются студентом в устной форме. Практические занятия ориентированы на формирование навыков расчёта и выбора средств снижения шума и вибрации, а также обработки и анализа измерительных данных, необходимых для выполнения третьего этапа сквозного проекта. Проверяемые индикаторы: ИПК-3.7, ИПК-3.8, ИПК-3.9.

**Лабораторные занятия**

Лабораторные занятия по дисциплине не предусмотрены учебным планом. Все практические навыки формируются в ходе практических занятий и самостоятельной работы.

**Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта**

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта является одним из ключевых методов контроля, позволяющим оценить способность студента применять полученные теоретические знания и практические навыки для решения комплексной профессиональной задачи. Задание выполняется студентом самостоятельно в течение семестра и представляет собой разработку раздела сквозного проекта, связанного с анализом и снижением шума и вибрации проектируемого двигателя. Содержание индивидуального задания включает идентификацию основных источников шума и вибрации проектируемого двигателя, разработку плана виброакустических испытаний, обработку и анализ спектров шума и вибрации, сравнение результатов с нормативными уровнями, разработку мероприятий по снижению шума и вибрации. Индивидуальное задание выполняется в форме пояснительной записки объёмом 10-15 страниц. Защита индивидуального задания проводится в форме презентации результатов перед преподавателем. Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта позволяет комплексно оценить сформированность индикаторов ИПК-3.7, ИПК-3.8, ИПК-3.9.

**Зачёт**

Промежуточная аттестация проводится в форме зачёта по завершении изучения дисциплины. Зачёт позволяет комплексно оценить знания, умения и навыки студента по всем разделам дисциплины. Зачёт проводится в форме устного собеседования по вопросам, охватывающим весь материал дисциплины, с возможным выполнением практического задания (расчёт глушителя, виброгасителя, обработка спектров). Результаты зачёта определяют итоговую оценку по дисциплине и отражают степень сформированности знаний, необходимых для выполнения третьего этапа сквозного проекта «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация». Проверяемые индикаторы: ИПК-3.7, ИПК-3.8, ИПК-3.9.

**Роль дисциплины в оценке результатов сквозного проекта**

Дисциплина «Снижение шума и вибрации автотранспортных средств» формирует фундаментальные знания и навыки, необходимые для выполнения третьего этапа сквозного проекта — «Расчётное обоснование, верификация и оптимизация». В рамках этого этапа студент должен выполнить анализ виброакустических характеристик проектируемого двигателя, разработать план виброакустических испытаний, обработать и проанализировать спектры шума и вибрации, сравнить результаты с нормативными уровнями, разработать мероприятия по снижению шума и вибрации. Результаты освоения дисциплины оцениваются в ходе защиты индивидуального задания и отчёта по третьему этапу сквозного проекта. Оценка сформированности компетенции ПК-3 по дисциплине учитывается при подведении итогов выполнения сквозного проекта в целом.

### 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

**Критерии оценки текущего (рубежного) тестирования по модулям**

Текущее (рубежное) тестирование проводится после завершения изучения каждого модуля. Тест состоит из 20 заданий различного типа (выбор правильного ответа, установление соответствия, краткий ответ, расчётная задача). Каждое верно выполненное задание оценивается в 1 балл. Максимальное количество баллов за тест — 20.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если выполнено верно более 75% заданий теста (набрано более 15 баллов). Студент, получивший «зачтено», демонстрирует достаточное знание теоретического материала модуля, владеет основными понятиями виброакустики, знает физические характеристики шума и вибрации, методы их измерения, основные источники шума и вибрации, методы и средства их снижения. Это свидетельствует о сформированности на пороговом уровне индикаторов ИПК-3.7, ИПК-3.8, ИПК-3.9 в части теоретических основ виброакустики.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если выполнено верно менее 75% заданий теста (набрано 15 баллов и менее). Студент, получивший «не зачтено», не владеет основным материалом модуля, допускает грубые ошибки в определении характеристик шума и вибрации, не может рассчитать эффективность глушителя, не знает методов снижения вибрации. Студент обязан ликвидировать задолженность по модулю до прохождения следующего рубежного контроля.

**Критерии оценки итогового тестирования по курсу**

Итоговое тестирование проводится после завершения изучения всех модулей. Тест состоит из 30 заданий, охватывающих весь материал дисциплины. Каждое верно выполненное задание оценивается в 1 балл. Максимальное количество баллов — 30.

Оценка «отлично» выставляется студенту, набравшему от 29 до 30 баллов (97-100% правильных ответов). Студент демонстрирует системные теоретические знания по всем разделам дисциплины, уверенно выполняет расчёты уровней шума, эффективности глушителей, параметров виброгасителей, анализирует спектры, обосновывает выбор методов снижения шума и вибрации, разрабатывает план испытаний. Сформированность индикаторов ИПК-3.7, ИПК-3.8, ИПК-3.9 оценивается на продвинутом уровне, что позволяет студенту успешно выполнить раздел сквозного проекта, связанный с виброакустическим анализом.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, набравшему от 24 до 28 баллов (80-97% правильных ответов). Студент в целом демонстрирует системные теоретические знания, владеет большинством терминов, но допускает отдельные неточности в сложных вопросах, связанных с расчётом резонансных частот или выбором звукопоглощающих материалов. Сформированность индикаторов оценивается на базовом уровне, достаточном для выполнения сквозного проекта.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, набравшему от 18 до 23 баллов (60-80% правильных ответов). Студент демонстрирует знание основного материала, но допускает ошибки в деталях, испытывает затруднения при расчёте эффективности глушителей, не в полной мере владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов оценивается на пороговом уровне, что требует дополнительной работы для успешного выполнения сквозного проекта.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, набравшему от 0 до 17 баллов (менее 60% правильных ответов). Студент не демонстрирует системных знаний, не владеет основными понятиями, не может выполнить расчёт глушителя, допускает грубые ошибки. Сформированность индикаторов не достигла порогового уровня, что делает невозможным выполнение раздела сквозного проекта по виброакустике без дополнительной подготовки.

**Критерии оценки устного опроса (собеседования)**

Оценка «отлично» выставляется студенту, который глубоко и прочно усвоил материал, исчерпывающе и логически стройно его излагает. Студент демонстрирует полное знание физической природы шума и вибрации, методов их измерения и анализа, классификации источников шума и вибрации, методов и средств их снижения, принципов расчёта глушителей и виброгасителей, методик планирования виброакустических испытаний. Уверенно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы, свободно владеет профессиональной терминологией. В контексте сквозного проекта такой уровень подготовки позволяет студенту

самостоятельно разрабатывать мероприятия по снижению шума и вибрации проектируемого двигателя.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей. Студент владеет основными понятиями и методами, умеет решать типовые задачи, но может испытывать затруднения при ответе на уточняющие вопросы или при объяснении сложных разделов (например, расчёт камерных глушителей). В целом демонстрирует хорошее владение профессиональной терминологией.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей. Студент допускает неточности и ошибки в изложении, испытывает затруднения при анализе источников шума, обладает фрагментарными знаниями. Ответы на дополнительные вопросы даются с трудом, требуют наводящих вопросов. Профессиональная терминология используется недостаточно уверенно.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части материала, допускает грубые ошибки в изложении, не может определить основные источники шума, не знает методов его снижения. Отсутствует понимание физических процессов, порождающих шум и вибрацию. Не способен ответить на дополнительные вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Студент не готов к выполнению раздела сквозного проекта по виброакустике.

**Критерии оценки практических занятий**

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который выполнил практическое задание правильно, в установленные сроки. Студент продемонстрировал понимание методики решения задачи, способность применять теоретические знания для расчёта уровней звукового давления, обработки спектров, расчёта эффективности глушителей, расчёта параметров виброгасителей, анализа патентной документации, разработки плана испытаний. При защите студент аргументирует полученные результаты, отвечает на уточняющие вопросы, демонстрирует владение профессиональной терминологией. В рамках сквозного проекта успешное выполнение практических заданий позволяет студенту овладеть методами расчёта средств снижения шума и вибрации, необходимыми для выполнения третьего этапа сквозного проекта.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не выполнил практическое задание, выполнил его не в полном объёме, или выполнил с грубыми ошибками. Студент не понимает методику решения, не может объяснить полученные результаты, не отвечает на вопросы по существу задания, не владеет профессиональной терминологией. Студент обязан выполнить практическое задание повторно в установленные преподавателем сроки.

**Критерии оценки индивидуального задания в рамках сквозного проекта**

Оценка «отлично» выставляется студенту, который полностью выполнил индивидуальное задание в соответствии с требованиями. Студент демонстрирует глубокое понимание методов анализа и снижения шума и вибрации, самостоятельно идентифицирует основные источники шума и вибрации проектируемого двигателя, разрабатывает план виброакустических испытаний, выполняет обработку и анализ спектров, сравнивает результаты с нормативными уровнями, разрабатывает обоснованные мероприятия по снижению шума и вибрации. Пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями, содержит все необходимые расчёты и графические материалы. При защите студент свободно владеет материалом, аргументированно отвечает на вопросы, демонстрирует понимание физических процессов, порождающих шум и вибрацию. Сформированность индикаторов ИПК-3.7, ИПК-3.8, ИПК-3.9 оценивается на продвинутом уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который выполнил индивидуальное задание в полном объёме, но допускает отдельные неточности в расчётах или неполноту в обосновании выбора средств снижения шума. Студент демонстрирует понимание методов анализа, способен выполнять основные расчёты, но может испытывать затруднения при выборе конкретных конструктивных решений. Пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями, но содержит незначительные замечания. При защите студент в целом отвечает на вопросы, но может допускать неточности. Сформированность индикаторов оценивается на базовом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который выполнил индивидуальное задание, но допустил существенные ошибки в расчётах или не полностью выполнил требуемые разделы. Студент демонстрирует фрагментарные знания методов снижения шума и вибрации, испытывает значительные затруднения при расчёте эффективности глушителя. Пояснительная записка оформлена с нарушениями требований. При защите студент отвечает на вопросы неуверенно, требует наводящих вопросов. Сформированность индикаторов оценивается на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не выполнил индивидуальное задание, выполнил его не в полном объёме или допустил грубые ошибки. Студент не демонстрирует понимания методов снижения шума и вибрации, не может выполнить расчёты. Пояснительная записка отсутствует или оформлена с грубыми нарушениями. При защите студент не отвечает на вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов не достигла порогового уровня. Студент обязан выполнить индивидуальное задание повторно в установленные преподавателем сроки.

**Критерии оценки ответа на зачёте**

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который продемонстрировал достаточный уровень знаний и умений, необходимых для формирования компетенций по дисциплине. Студент уверенно отвечает на вопросы, демонстрируя знание ключевых понятий и терминов дисциплины, физической природы шума и вибрации, методов их измерения и анализа, классификации источников шума и вибрации, методов и средств их снижения. Ответы логичны и обоснованы, соответствуют требованиям программы. Студент способен разработать план виброакустических испытаний, обработать спектры шума и вибрации, сравнить результаты с нормативными уровнями.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не продемонстрировал достаточного уровня знаний и умений, допущены существенные ошибки, отсутствует понимание ключевых понятий и/или неспособность применять знания на практике. Студент не может разработать план испытаний, не понимает принципов обработки спектров, не знает нормативных требований. Ответы не соответствуют требованиям, уровень подготовки недостаточен.

## 7.3 Оценочные средства

### Текущий контроль
### Модульная структура дисциплины

Дисциплина изучается в 6-м семестре. Семестр делится на два равных модуля (периода), каждый из которых включает определенные темы.

**Модуль 1 (недели 1–8) — Основы виброакустики. Измерение и анализ шума и вибрации**

Включает темы: Тема 1. Введение в проблему шума и вибрации на транспорте; Тема 2. Физические и физиологические характеристики шума и вибрации; Тема 3. Приборы и методы измерения шума и вибрации; Тема 4. Заглушенные и реверберационные камеры; Тема 5. Экспериментально-расчетные методы исследования шума и вибрации; Тема 6. Основные источники шума и вибрации в автотранспортных средствах.

**Модуль 2 (недели 9–16) — Методы снижения шума и вибрации**

Включает темы: Тема 7. Нефункциональные шумы и методы их устранения; Тема 8. Глушители шума систем газообмена ДВС; Тема 9. Пассивные методы снижения шума и вибрации.

### Рубежный контроль по модулям (устный опрос/собеседование)

### Модуль 1. Основы виброакустики. Измерение и анализ шума и вибрации

**Перечень вопросов для собеседования:**

1. Актуальность проблемы шума и вибрации для здоровья человека и экологии. Влияние шума транспортных потоков на селитебные территории. Вредное воздействие шума на водителей и пассажиров.

2. Природа звука и его физические характеристики: частота, длина волны, скорость звука, звуковое давление, интенсивность. Зависимость скорости звука от температуры.

3. Логарифмическая шкала уровней (децибелы, дБА). Уровень звукового давления (SPL). Связь виброскорости, виброускорения и виброперемещения.

4. Операции с уровнями звукового давления (сложение, вычитание). Физиологические характеристики восприятия звука: анатомия слуха, порог слышимости, болевой порог.

5. Кривые равной громкости. Межушная разница во времени (ITD) и интенсивности (IID). Маскировка звука.

6. Классификация шума по частотной характеристике, природе возникновения, характеру спектра и временным характеристикам.

7. Центральные частоты октавных и третьоктавных фильтров. Влияние шума и вибрации на организм человека. Нормируемые параметры и допускаемые уровни шума.

8. Психоакустические критерии качества звука: громкость, резкость, тональность, шероховатость, сила колебания.

9. Устройства приема и воспроизведения звука: измерительные микрофоны (конденсаторные, электротные), их характеристики (чувствительность, частотная характеристика, характеристика направленности, уровень собственных шумов).

10. Калибраторы микрофонов. Шумомеры: классификация (группы X, Y, Z; типы: обычные, интегрирующие-усредняющие, интегрирующие; классы точности 0, 1, 2, 3).

11. Микрофонные решетки и акустические камеры. Интенсиметрические зонды.

12. Измерение вибрации: понятие вибрации, виды (местная, общая). Пьезоэлектрические, пьезорезистивные и емкостные акселерометры: принцип действия, особенности применения, характеристики.

13. Калибровка и способы крепления акселерометров. Сопроводительная документация и базы данных средств измерений.

14. Назначение и конструкции заглушенных камер. Свободное звуковое поле. Камеры с поглощающим и отражающим полом. Требования к строительной коробке и виброизоляции.

15. Звукопоглощающие клинья. Назначение и конструкция реверберационных камер. Диффузное звуковое поле. Виды измерений в заглушенных и реверберационных камерах.

16. Определение звуковой мощности и характеристик направленности. Топологические карты распределения интенсивности звука.

17. Классификация источников шума по принадлежности к процессам. Внешний и внутренний шум АТС.

18. Методы акустических испытаний автомобиля (внешний шум по Правилам ЕЭК ООН №51-02, внутренний шум). Акустические испытания систем впуска и выпуска ДВС.

19. Модальный анализ: определение собственных частот, коэффициентов демпфирования и форм колебаний конструкции. Ударный молоток и модальный вибростенд.

20. Частотная передаточная функция (FRF). Функция когерентности. Методы виброиспытаний: виброустойчивость, вибропрочность, вибростойкость.

21. Первичные и вторичные источники шума в автотранспортных средствах. Пути передачи вибрации от двигателя и трансмиссии на кузов. Графическое представление акустических характеристик (спектрограммы, 3D-карты).

22. Как разработать план виброакустических испытаний силового агрегата на стенде? Какие параметры необходимо контролировать?

23. Какие средства измерений выбираются для проведения виброакустических испытаний двигателя?

**Модуль 2. Методы снижения шума и вибрации**

**Перечень вопросов для собеседования:**

1. Нефункциональные шумы (скрипы, стуки, дребезг): причины возникновения, классификация. Параметры оценки нефункциональных шумов (амплитуда, частота, тип, продолжительность).
2. Неровности покрытия и их искусственное воспроизведение для исследований (гребни, трамвайные пути, «лежачие полицейские»). Испытательные автополигоны (треки) и спецучастки.
3. Стенды «Имитатор дороги» для возбуждения автомобиля и локализации источников шума. Статическая оценка нефункциональных шумов на неподвижном автомобиле.
4. Правила проектирования по исключению нефункциональных шумов. FMEA-анализ конструкции. Экспертная (субъективная) оценка виброакустического качества.
5. Природа аэродинамического шума систем впуска и выпуска. Основные цели конструирования глушителей: акустическая эффективность (ΔL), гидросопротивление (ΔP), конструктивная простота.
6. Классификация глушителей: абсорбционные (диссипативные), реактивные (отражательные, резонаторные), комбинированные.
7. Принципы работы реактивных глушителей: камерные, резонаторы Гельмгольца, четвертьволновые резонаторы. Формулы для расчёта эффективности.
8. Диссипативные глушители трубчатого и пластинчатого типа. Влияние звукопоглощающего материала. Оптимизированные конструкции камерных глушителей.
9. Глушители нетипичной конструкции (с поворотами, экранами). Клапаны-глушители (шумоглушители) с изменяемой геометрией.
10. Методы испытаний глушителей шума (на движущемся и неподвижном автомобиле, на моторном стенде).
11. Звукопоглощающие, звукоизолирующие и вибродемпфирующие материалы: классификация, характеристики, области применения.
12. Динамические виброгасители (демпферы резонансного типа): принцип действия, настройка частоты, роль демпфирования.
13. Примеры применения виброгасителей в АТС: на двигателе, коробке передач, раздаточной коробке, главной передаче, элементах подвески, системе выпуска, кузове, рулевом колесе.
14. Демпферы крутильных колебаний. Методы и оборудование для определения характеристик акустических материалов (труба Кундта, Alpha Cabin, Isokell, установка «Башня Пиза», установка «Балка Оберст»).
15. Определение коэффициента звукопоглощения, индекса звукоизоляции, динамического модуля упругости, коэффициента механических потерь.
16. Испытания эластомеров. Принципы создания шумопонижающих конструкций.
17. Примеры патентных решений низкошумных конструкций АТС: системы впуска и выпуска, звукопоглощающие панели, объемные поглотители, акустические экраны и кожухи, низкошумные системы HVAC, уплотнительные узлы.
18. Системы активного шумоподавления (ANC) и активного контроля звука (ASC).
19. Как обработать данные с акселерометров и микрофонов? Какие методы спектрального анализа применяются?
20. Как сравнить полученные результаты виброакустических измерений с нормативными уровнями? Какие нормативные документы регламентируют допустимые уровни шума и вибрации?

**Рубежный контроль по модулям (тестирование)**

Тестирование проводится после завершения изучения каждого модуля. Тест состоит из 20 заданий различного типа (выбор правильного ответа, установление соответствия, краткий ответ, расчётная задача). Каждое верно выполненное задание оценивается в 1 балл. Максимальное количество баллов за тест – 20. Оценка «зачтено» выставляется при выполнении верно более 75% заданий (более 15 баллов).

**Пример тестовых заданий (один вариант)**

1. **Какая физическая характеристика звука измеряется в децибелах?**
2. A) Частота
3. B) Длина волны
4. C) Уровень звукового давления
5. D) Скорость звука

*Правильный ответ: C*

6. **Какой прибор используется для измерения уровня звука?**
7. A) Акселерометр
8. B) Шумомер
9. C) Тензометр
10. D) Осциллограф

*Правильный ответ: B*

11. **Какой тип глушителя основан на использовании звукопоглощающих материалов?**
12. A) Реактивный глушитель
13. B) Диссипативный глушитель
14. C) Резонатор Гельмгольца
15. D) Четвертьволновый резонатор

*Правильный ответ: B*

16. **Какой метод снижения вибрации основан на добавлении дополнительной массы, настроенной на резонансную частоту?**
17. A) Виброизоляция
18. B) Вибродемпфирование
19. C) Динамический виброгаситель
20. D) Звукоизоляция

*Правильный ответ: C*

21. **Какое устройство используется для измерения вибрации?**
22. A) Микрофон
23. B) Акселерометр
24. C) Шумомер
25. D) Газоанализатор

*Правильный ответ: B*

**Оценочные средства для индивидуального задания в рамках сквозного проекта**

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта является одним из ключевых методов контроля, позволяющим оценить способность студента применять полученные теоретические знания и практические навыки для решения комплексной профессиональной задачи. Задание выполняется студентом самостоятельно в течение семестра и представляет собой разработку раздела сквозного проекта, связанного с анализом и снижением шума и вибрации проектируемого двигателя.

**Содержание индивидуального задания:**

Индивидуальное задание включает в себя выполнение следующих этапов:

1. **Идентификация основных источников шума и вибрации проектируемого двигателя.** Студент анализирует конструктивные особенности проектируемого двигателя, выявляет первичные источники шума и вибрации (корпусной шум, шум газообмена, неуравновешенные силы инерции, работа топливной аппаратуры и др.). Определяет вторичные источники и пути передачи вибрации.
2. **Расчёт ожидаемых уровней шума.** На основе анализа аналогов и расчётных методов определяются ожидаемые уровни внешнего и внутреннего шума проектируемого двигателя. Проводится сравнение с нормативными требованиями (Правила ЕЭК ООН №51-02, ТР ТС 018/2011).

3. **Разработка мероприятий по снижению шума и вибрации.** На основе проведённого анализа разрабатываются мероприятия по снижению шума и вибрации:

- выбор типа глушителя шума выпуска (реактивный, диссипативный, комбинированный);
- расчёт акустической эффективности глушителя (для камерного глушителя, резонатора Гельмгольца);
- выбор и расчёт параметров виброизолирующих опор двигателя;
- при необходимости — расчёт динамического виброгасителя для снижения вибрации на резонансной частоте;
- выбор звукопоглощающих и вибродемпфирующих материалов для кузова и моторного отсека.

4. **Анализ технологичности предлагаемых решений.** Оценивается технологичность изготовления выбранных средств снижения шума и вибрации (глушителя, виброопор, виброгасителя). При необходимости вносятся изменения в конструкцию для повышения технологичности.

5. **Подготовка отчёта.** Оформление пояснительной записки с описанием всех этапов работы, результатами расчётов, графическими материалами, выводами и рекомендациями.

**Требования к оформлению:**

Индивидуальное задание выполняется в форме пояснительной записки объемом 10-15 страниц, включающей:

- титульный лист с указанием темы задания, ФИО студента, группы, руководителя;
- содержание;
- введение с обоснованием актуальности снижения шума и вибрации;
- основную часть, содержащую идентификацию источников, расчёт уровней шума, разработку мероприятий, анализ технологичности;
- графические материалы (схемы глушителей, конструкции виброопор, графики эффективности);
- заключение с выводами по результатам выполненной работы;
- список использованных источников.

**Примерные темы индивидуальных заданий:**

1. Анализ и снижение шума выпуска дизельного двигателя: разработка глушителя.
2. Снижение вибрации двигателя внутреннего сгорания: выбор и расчёт виброизолирующих опор.
3. Разработка мероприятий по снижению корпусного шума двигателя.
4. Снижение аэродинамического шума системы впуска двигателя.
5. Анализ и снижение шума газораспределительного механизма.
6. Разработка динамического виброгасителя для снижения вибрации коленчатого вала.
7. Сравнительный анализ эффективности различных типов глушителей шума выпуска.
8. Разработка мероприятий по снижению нефункциональных шумов в салоне автомобиля.

## Оценочные средства для практических занятий

**Типовые задания для практических занятий**

**Модуль 1. Основы виброакустики. Измерение и анализ шума и вибрации**

**Задание 1. Расчёт уровней звукового давления при сложении и вычитании источников шума**

Для двух источников шума с уровнями L1 = 80 дБ и L2 = 85 дБ определить суммарный уровень звукового давления. Для источника с уровнем L = 90 дБ и фоновым шумом Lф = 85 дБ определить уровень шума источника.

**Задание 2. Перевод единиц измерения вибрации (виброскорость, виброускорение, виброперемещение)**

Для гармонической вибрации с частотой f = 100 Гц и амплитудой виброскорости V = 10 мм/с определить амплитуды виброускорения и виброперемещения.

**Задание 3. Изучение устройства и принципа работы шумомера. Проведение пробных измерений**

Ознакомление с устройством шумомера, его органами управления, частотными коррекциями (A, C, Z). Проведение пробных измерений уровня звука в различных условиях.

**Задание 4. Обработка и анализ спектров шума и вибрации. Построение спектрограмм**

По заданным данным (уровни звукового давления в октавных полосах частот) построить спектрограмму. Определить доминирующие частотные составляющие. Сравнить с нормативными значениями.

**Задание 5. Идентификация основных источников шума на примере реального автомобиля (по видеоматериалам)**

По видеоматериалам (или описанию) идентифицировать основные источники шума (двигатель, трансмиссия, шины, аэродинамический шум) и пути их распространения.

**Модуль 2. Методы снижения шума и вибрации**

**Задание 6. Расчёт эффективности камерного глушителя (по степени расширения)**

Для камерного глушителя с площадью входного и выходного патрубков S1 и площадью камеры S2 рассчитать эффективность глушителя на заданной частоте. Определить частоты «просветления».

**Задание 7. Расчёт резонансной частоты резонатора Гельмгольца и четвертьволнового резонатора**

Для заданных геометрических параметров резонатора Гельмгольца (объём камеры, площадь горла, длина горла) рассчитать резонансную частоту. Для четвертьволнового резонатора заданной длины рассчитать частоту настройки.

**Задание 8. Расчёт динамического виброгасителя (подбор массы и жёсткости) для заданной частоты**

Для заданной резонансной частоты системы f0 = 50 Гц подобрать массу и жёсткость динамического виброгасителя. Рассчитать коэффициент демпфирования.

**Задание 9. Анализ патентной документации в области снижения шума и вибрации (работа с базами ФИПС, Espacenet)**

По заданной теме провести патентный поиск в области снижения шума и вибрации двигателей. Найти 2-3 патентных документа. Проанализировать предложенные технические решения.

## Оценочные средства для курсовой работы (проекта)

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине не предусмотрены учебным планом. Результаты освоения дисциплины используются при выполнении выпускной квалификационной работы для анализа виброакустических характеристик разрабатываемого двигателя и разработки мероприятий по их снижению.

## Промежуточная аттестация (зачет)

### Условия допуска к зачету

Студент допускается к сдаче зачета при выполнении следующих условий:

- Успешное прохождение всех двух рубежных контролей (устных опросов по модулям) с оценкой не ниже «удовлетворительно».
- Выполнение и защита всех практических занятий (не менее 80% заданий выполнены и защищены).

- Выполнение и защита индивидуального задания в рамках сквозного проекта (анализ и снижение шума и вибрации) с оценкой не ниже «удовлетворительно».
- Отсутствие академической задолженности по дисциплине.

**Структура билета на зачете**

Зачет проводится в форме устного собеседования по вопросам, охватывающим весь материал дисциплины. В процессе собеседования студенту может быть предложено выполнить практическое задание (расчёт эффективности глушителя, расчёт виброгасителя, обработку спектров).

Структура собеседования:

- **Теоретический вопрос 1:** из области физических характеристик шума и вибрации, методов их измерения и анализа.
- **Теоретический вопрос 2:** из области методов снижения шума и вибрации (глушители, виброизоляция, виброгасители, звукопоглощение).
- **Практическое задание:** расчёт эффективности глушителя, расчёт виброгасителя, обработка спектров.

**Перечень вопросов для подготовки к зачету**

**Модуль 1. Основы виброакустики. Измерение и анализ шума и вибрации**

1. Актуальность проблемы шума и вибрации для здоровья человека и экологии. Влияние шума транспортных потоков. Вредное воздействие шума на водителей и пассажиров.
2. Природа звука и его физические характеристики: частота, длина волны, скорость звука, звуковое давление, интенсивность.
3. Логарифмическая шкала уровней (децибелы, дБА). Уровень звукового давления (SPL). Связь виброскорости, виброускорения и виброперемещения.
4. Операции с уровнями звукового давления (сложение, вычитание). Физиологические характеристики восприятия звука: анатомия слуха, порог слышимости, болевой порог.
5. Кривые равной громкости. Межушная разница во времени (ITD) и интенсивности (IID). Маскировка звука.
6. Классификация шума по частотной характеристике, природе возникновения, характеру спектра и временным характеристикам.
7. Центральные частоты октавных и третьоктавных фильтров. Влияние шума и вибрации на организм человека. Нормируемые параметры и допускаемые уровни шума.
8. Психоакустические критерии качества звука: громкость, резкость, тональность, шероховатость, сила колебания.
9. Устройства приема и воспроизведения звука: измерительные микрофоны (конденсаторные, электротные), их характеристики.
10. Калибраторы микрофонов. Шумомеры: классификация, типы, классы точности.
11. Микрофонные решетки и акустические камеры. Интенсиметрические зонды.
12. Измерение вибрации: понятие вибрации, виды (местная, общая). Пьезоэлектрические, пьезорезистивные и емкостные акселерометры: принцип действия, характеристики.
13. Калибровка и способы крепления акселерометров. Сопроводительная документация и базы данных средств измерений.
14. Назначение и конструкции заглушенных камер. Свободное звуковое поле. Камеры с поглощающим и отражающим полом.
15. Звукопоглощающие клинья. Назначение и конструкция реверберационных камер. Диффузное звуковое поле.

16. Определение звуковой мощности и характеристик направленности. Топологические карты распределения интенсивности звука.

17. Классификация источников шума по принадлежности к процессам. Внешний и внутренний шум АТС.

18. Методы акустических испытаний автомобиля (внешний шум по Правилам ЕЭК ООН №51-02, внутренний шум). Акустические испытания систем впуска и выпуска ДВС.

19. Модальный анализ: определение собственных частот, коэффициентов демпфирования и форм колебаний конструкции.

20. Частотная передаточная функция (FRF). Функция когерентности. Методы виброиспытаний: виброустойчивость, вибропрочность, вибростойкость.

21. Первичные и вторичные источники шума в автотранспортных средствах. Пути передачи вибрации от двигателя и трансмиссии на кузов.

**Модуль 2. Методы снижения шума и вибрации**

22. Нефункциональные шумы (скрипы, стуки, дребезг): причины возникновения, классификация. Параметры оценки нефункциональных шумов.

23. Неровности покрытия и их искусственное воспроизведение для исследований. Испытательные автополигоны и спецучастки.

24. Стенды «Имитатор дороги». Статическая оценка нефункциональных шумов на неподвижном автомобиле.

25. Правила проектирования по исключению нефункциональных шумов. FMEA-анализ конструкции. Экспертная оценка виброакустического качества.

26. Природа аэродинамического шума систем впуска и выпуска. Основные цели конструирования глушителей: акустическая эффективность, гидросопротивление, конструктивная простота.

27. Классификация глушителей: абсорбционные (диссипативные), реактивные (отражательные, резонаторные), комбинированные.

28. Принципы работы реактивных глушителей: камерные, резонаторы Гельмгольца, четвертьволновые резонаторы. Формулы для расчёта эффективности.

29. Диссипативные глушители трубчатого и пластинчатого типа. Влияние звукопоглощающего материала.

30. Глушители нетипичной конструкции. Клапаны-глушители с изменяемой геометрией. Методы испытаний глушителей шума.

31. Звукопоглощающие, звукоизолирующие и вибродемпфирующие материалы: классификация, характеристики, области применения.

32. Динамические виброгасители (демпферы резонансного типа): принцип действия, настройка частоты, роль демпфирования.

33. Примеры применения виброгасителей в АТС. Демпферы крутильных колебаний.

34. Методы и оборудование для определения характеристик акустических материалов. Определение коэффициента звукопоглощения, индекса звукоизоляции, динамического модуля упругости.

35. Испытания эластомеров. Принципы создания шумопонижающих конструкций.

36. Примеры патентных решений низкошумных конструкций АТС.

37. Системы активного шумоподавления (ANC) и активного контроля звука (ASC).

## Примеры практических заданий для зачета

**Пример 1. Расчёт эффективности камерного глушителя**

Задание: Для камерного глушителя с площадью входного и выходного патрубков $S1 = 0{,}005$ м² и площадью камеры $S2 = 0{,}02$ м² определить эффективность глушителя на частоте $f = 200$ Гц. Скорость звука $c = 340$ м/с.

**Пример 2. Расчёт резонансной частоты резонатора Гельмгольца**

Задание: Резонатор Гельмгольца имеет объём камеры $V = 0{,}003$ м³, площадь горла $Sг = 0{,}001$ м², длину горла $Lг = 0{,}05$ м. Скорость звука $c = 340$ м/с. Определить резонансную частоту.

**Пример 3. Расчёт динамического виброгасителя**

Задание: Для системы с резонансной частотой f0 = 40 Гц подобрать массу динамического виброгасителя m = 2 кг и рассчитать необходимую жёсткость пружины. Определить частоту настройки виброгасителя.

**Пример 4. Обработка и анализ спектров**

Задание: По заданным уровням звукового давления в октавных полосах частот (63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц) построить спектрограмму. Определить доминирующие частотные составляющие. Сравнить с нормативными значениями (заданы ПДУ). Сделать вывод о необходимости снижения шума.