

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Теория термоакустических колебаний газа М1.ДВ.1

Направление подготовки: 223200.68 - Техническая физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Иовлева О.В.

Рецензент(ы):

Ларионов В.М.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Кашапов Н. Ф.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No 6119514

Казань

2014

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) ассистент, к.н. Иовлева О.В. Кафедра технической физики и энергетики Отделение физики, Olga.Beloded@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

формирование у обучающихся знаний и навыков по методам решения задач и физическим механизмам возбуждения термоавтоколебаний в акустических резонаторах.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "М1.ДВ.1 Общенаучный" основной образовательной программы 223200.68 Техническая физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 1 семестр.

Дисциплины М1 ДВ1 "Теория термоакустических колебаний газа" входит в профессиональный цикл М1 подготовки магистров по направлению 223200 "Техническая физика" и является обязательным для изучения студентами по профилю "Теплофизика". Курс опирается на знания по курсам: "Механика жидкости и газа", "Гидродинамика".

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью разрабатывать планы и программы организации инновационной деятельности научно-производственного коллектива, осуществлять технико-экономическое обоснование инновационных проектов
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью критически анализировать современные проблемы технической физики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основы физических процессов, приводящих к возбуждению термоакустических колебаний газа;
уравнения термоакустики и методы их решения.

2. должен уметь:

применять методы термоакустики к решению практических задач;
выполнять расчеты параметров автоколебаний газа в типовых резонаторах;
использовать современные образовательные и информационные технологии для приобретения новых знаний в области теории и практики горения.

3. должен владеть:

математическим аппаратом теории термоакустических колебаний газа;
навыками проведения расчетов параметров термоакустических колебаний газа с заданными параметрами.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Проводить теоретическое исследование условий возбуждения акустических колебаний газа в системах с тепловыми источниками;

Выполнять физико-технические расчеты параметров автоколебаний газов в промышленных энергетических установках.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Проводить теоретическое исследование условий возбуждения акустических колебаний газа в системах с тепловыми источниками;

Выполнять физико-технические расчеты параметров автоколебаний газов в промышленных энергетических установках.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Проводить теоретическое исследование условий возбуждения акустических колебаний газа в системах с тепловыми источниками;

Выполнять физико-технические расчеты параметров автоколебаний газов в промышленных энергетических установках.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Проводить теоретическое исследование условий возбуждения акустических колебаний газа в системах с тепловыми источниками;

Выполнять физико-технические расчеты параметров автоколебаний газов в промышленных энергетических установках.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 1 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю **Тематический план дисциплины/модуля**

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. Примеры самовозбуждения звука в системах с тепловыми источниками: поющее пламя, труба Рийке, эффект Зондхаусса, резонатор Гельмгольца	1	1	2	0	0	
2.	Тема 2. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры Расчет колебаний газа в трубе с продольным градиентом температуры. Влияние находящихся в потоке препятствий на частоту колебаний. Установка типа емкость-труба, резонатор Гельмгольца.	1	2	2	0	0	
3.	Тема 3. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры Продольные колебания газа в системах в отсутствие градиента температуры	1	1	0	4	0	
4.	Тема 4. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры Установка типа емкость-труба, резонатор Гельмгольца.	1	2	0	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
5.	Тема 5. Теоретические модели термоакустических колебаний газа Идеализация процессов в области теплоподвода. Акустическая мощность тепловых источников, условия самовозбуждения колебаний. Критерий Рэлея. Решение задач.	1	3, 4	4	0	0	
6.	Тема 6. Теоретические модели термоакустических колебаний газа Критерий Рэлея	1	3, 4	0	8	0	
7.	Тема 7. Теоретические модели термоакустических колебаний газа Решение задач.	1	5-6	4	6	0	
8.	Тема 8. Теория явления Рийке Основные характеристики. Описание закономерности областей возбуждения колебаний с помощью эффекта Рийке. Сравнение теоретических и экспериментальных данных. Решение задач.	1	5-7	0	0	0	
9.	Тема 9. Теория явления Рийке Сравнение теоретических и экспериментальных данных.	1	8,9	0	6	0	
10.	Тема 10. Теория явления Рийке Решение задач.	1	10	0	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
11.	Тема 11. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца Определение резонатора Гельмгольца. Теоретическое объяснение данного вида колебаний, предложенное Теодорчиком. Расчет автоколебаний в резонаторе Гельмгольца энергетическим методом. Сравнение с экспериментальными данными.	1	7	2	0	0	
12.	Тема 12. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца Определение резонатора Гельмгольца. Сравнение с экспериментальными данными.	1	11,12	0	4	0	
13.	Тема 13. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца Расчет автоколебаний в резонаторе Гельмгольца энергетическим методом.	1	13,14	0	0	0	
14.	Тема 14. Расчет Эффекта Зондхаусса Вывод соотношений, определяющих условия возбуждения, частоту и амплитуду установившихся колебаний газа. Расчет параметров колебаний газа и сравнение с экспериментальными данными.	1	8	2	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
15.	Тема 15. Расчет Эффекта Зондхаусса Расчет параметров колебаний газа и сравнение с экспериментальными данными.	1	15	0	4	0	
16.	Тема 16. Расчет Эффекта Зондхаусса Расчет параметров колебаний газа	1	16	0	0	0	
17.	Тема 17. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением Понятие теплового сопротивления. Физический механизм возбуждения колебаний газа в трубе. Критерий термоакустической неустойчивости. Решение задач.	1	9	2	0	0	
18.	Тема 18. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением Критерий термоакустической неустойчивости.	1	17	0	4	0	
19.	Тема 19. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением Решение задач	1	18	0	0	0	
.	Тема . Итоговая форма контроля	1		0	0	0	зачет
	Итого			18	36	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. Примеры самовозбуждения звука в системах с тепловыми источниками: поющее пламя, труба Рийке, эффект Зондхаусса, резонатор Гельмгольца

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Примеры самовозбуждения звука в системах с тепловыми источниками: поющее пламя, труба Рийке, эффект Зондхаусса, резонатор Гельмгольца

Тема 2. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры
Расчет колебаний газа в трубе с продольным градиентом температуры. Влияние находящихся в потоке препятствий на частоту колебаний. Установка типа емкость-труба, резонатор Гельмгольца.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Расчет колебаний газа в трубе с продольным градиентом температуры. Влияние находящихся в потоке препятствий на частоту колебаний. Установка типа емкость-труба, резонатор Гельмгольца.

Тема 3. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры
Продольные колебания газа в системах в отсутствие градиента температуры

практическое занятие (4 часа(ов)):

Процесс самовозбуждения акустических колебаний газа, когда ему сообщается теплота, выделяемая при горении или путем теплопередачи от нагретых тел, известен с работ Хиггинса, Рэлея, Рийке, Зондхаусса. В литературе это явление называют также вибрационным, или пульсационным горением, неустойчивостью горения, термическим возбуждением звука, термоакустическими колебаниями. При исследовании термоакустических колебаний обычно считается, что поток газа состоит из двух частей - холодной и горячей, разделенных плоскостью, в которой происходит скачок температуры, а ее распределение по оси канала имеет ступенчатый характер. В достаточно длинных камерах сгорания, а также при наличии охлаждающих устройств, температуры газа в зоне горения и на выходе из установки значительно отличаются. Появляется продольный градиент скорости звука, учет которого, а также присутствия в потоке плохообтекаемых тел - стабилизаторов пламени, вносит существенные изменения в постановку задач исследования термоакустических колебаний. В настоящее время не разработана методика, которая сравнительно просто позволила бы, во-первых, проводить расчеты границ неустойчивости, частот и амплитуд автоколебаний газа в конкретных типовых установках с тепловыми источниками и, во-вторых, построить обобщенную теоретическую модель термоакустических колебаний. Есть основания полагать, что энергетический подход даст возможность решить эти задачи.

Тема 4. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры
Установка типа емкость-труба, резонатор Гельмгольца.

Тема 5. Теоретические модели термоакустических колебаний газа Идеализация процессов в области теплоподвода. Акустическая мощность тепловых источников, условия самовозбуждения колебаний. Критерий Рэлея. Решение задач.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Идеализация процессов в области теплоподвода. Акустическая мощность тепловых источников, условия самовозбуждения колебаний. Критерий Рэлея. Решение задач.

Тема 6. Теоретические модели термоакустических колебаний газа Критерий Рэлея
практическое занятие (8 часа(ов)):

азличают прямой и обратный термоакустический эффект. Прямой термоакустический эффект впервые был сформулирован Лордом Рэлеем: "Если газу в момент наибольшего сжатия сообщить тепло, а в момент наибольшего разряжения тепло отобрать, то это стимулирует акустические колебания". Таким образом, прямой термоакустический эффект описывает условия преобразования тепловой энергии в акустическую. Вывод критерия Рэлея.

Тема 7. Теоретические модели термоакустических колебаний газа Решение задач.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

1. Идеализация процессов в области теплоподвода 2. Акустическая мощность области теплоподвода, условия самовозбуждения колебаний 3. Характеристическое уравнение задачи исследования границ неустойчивости 4. Комбинированный метод расчета условий самовозбуждения, частоты и амплитуды установившихся колебаний

практическое занятие (6 часа(ов)):

1. Идеализация процессов в области теплоподвода 2. Акустическая мощность области теплоподвода, условия самовозбуждения колебаний 3. Характеристическое уравнение задачи исследования границ неустойчивости 4. Комбинированный метод расчета условий самовозбуждения, частоты и амплитуды установившихся колебаний

Тема 8. Теория явления Рийке Основные характеристики. Описание закономерности областей возбуждения колебаний с помощью эффекта Рийке. Сравнение теоретических и экспериментальных данных. Решение задач.

Тема 9. Теория явления Рийке Сравнение теоретических и экспериментальных данных. практическое занятие (6 часа(ов)):

Интересным случаем термических автоколебаний является эффект Рийке, т.е. генерация звука в открытой с обоих концов трубе, в которой находится внутренний источник тепла, при наличии потока газа через нагреватель. Характерной особенностью эффекта является замкнутость областей возбуждения колебаний, т.е. прекращение колебаний при достаточно больших и достаточно малых скоростях потока. Наиболее удачную теорию эффекта Рийке предложил Раушенбах. Но он воспользовался решением Лайтхилла задачи о теплообмене одиночной проволоки в бесконечном пространстве при наложенных звуковых колебаниях. Использование этих результатов для случая сетки, которая служит источником тепла в трубе, как указывал сам Раушенбах, может дать только качественное представление о явлении. К тому же указанные результаты не позволяют построить замкнутые области возбуждения колебаний, то есть не объясняют прекращение колебаний при малых скоростях потока. Оценка показывает, что объяснение нижних пределов пульсации температуры нагревателя возможно лишь при нагревательных элементах небольшого размера. Предлагаемая теория эффекта Рийке хорошо описывает закономерности областей возбуждения колебаний.

Тема 10. Теория явления Рийке Решение задач.

Тема 11. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца Определение резонатора Гельмгольца. Теоретическое объяснение данного вида колебаний, предложенное Теодорчиком. Расчет автоколебаний в резонаторе Гельмгольца энергетическим методом. Сравнение с экспериментальными данными.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Определение резонатора Гельмгольца. Теоретическое объяснение данного вида колебаний, предложенное Теодорчиком. Расчет автоколебаний в резонаторе Гельмгольца энергетическим методом. Сравнение с экспериментальными данными.

Тема 12. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца Определение резонатора Гельмгольца. Сравнение с экспериментальными данными.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Определение резонатора Гельмгольца. Сравнение с экспериментальными данными.

Тема 13. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца Расчет автоколебаний в резонаторе Гельмгольца энергетическим методом.

Тема 14. Расчет Эффекта Зондхаусса Вывод соотношений, определяющих условия возбуждения, частоту и амплитуду установившихся колебаний газа. Расчет параметров колебаний газа и сравнение с экспериментальными данными.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Вывод соотношений, определяющих условия возбуждения, частоту и амплитуду установившихся колебаний газа. Расчет параметров колебаний газа и сравнение с экспериментальными данными.

Тема 15. Расчет Эффекта Зондхаусса Расчет параметров колебаний газа и сравнение с экспериментальными данными.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Расчет параметров колебаний газа и сравнение с экспериментальными данными.

Тема 16. Расчет Эффекта Зондхаусса Расчет параметров колебаний газа

Тема 17. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением Понятие теплового сопротивления. Физический механизм возбуждения колебаний газа в трубе. Критерий термоакустической неустойчивости. Решение задач.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Понятие теплового сопротивления. Физический механизм возбуждения колебаний газа в трубе. Критерий термоакустической неустойчивости. Решение задач.

Тема 18. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением Критерий термоакустической неустойчивости.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Критерий термоакустической неустойчивости.

Тема 19. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением Решение задач

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
4.	Тема 4. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры Установка типа емкость-труба, резонатор Гельмгольца.	1	2	решение задач	8	контрольная
8.	Тема 8. Теория явления Рийке Основные характеристики. Описание закономерности областей возбуждения колебаний с помощью эффекта Рийке. Сравнение теоретических и экспериментальных данных. Решение задач.	1	5-7	решение задач	8	контрольная
10.	Тема 10. Теория явления Рийке Решение задач.	1	10	решение задач	10	контрольная

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
13.	Тема 13. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца Расчет автоколебаний в резонаторе Гельмгольца энергетическим методом.	1	13,14	решение задач	10	контрольная
16.	Тема 16. Расчет Эффекта Зондхаусса Расчет параметров колебаний газа	1	16	решение задач	10	контрольная
19.	Тема 19. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением Решение задач	1	18	решение задач	8	контрольная
	Итого				54	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Интерактивная доска, проектор, компьютер

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Введение. Примеры самовозбуждения звука в системах с тепловыми источниками: поющее пламя, труба Рийке, эффект Зондхаусса, резонатор Гельмгольца

Тема 2. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры
Расчет колебаний газа в трубе с продольным градиентом температуры. Влияние находящихся в потоке препятствий на частоту колебаний. Установка типа емкость-труба, резонатор Гельмгольца.

Тема 3. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры
Продольные колебания газа в системах в отсутствие градиента температуры

Тема 4. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры
Установка типа емкость-труба, резонатор Гельмгольца.

контрольная, примерные вопросы:

Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры Установка типа емкость-труба, резонатор Гельмгольца.

Тема 5. Теоретические модели термоакустических колебаний газа Идеализация процессов в области теплоподвода. Акустическая мощность тепловых источников, условия самовозбуждения колебаний. Критерий Рэлея. Решение задач.

Тема 6. Теоретические модели термоакустических колебаний газа Критерий Рэлея

Тема 7. Теоретические модели термоакустических колебаний газа Решение задач.

Тема 8. Теория явления Рийке Основные характеристики. Описание закономерности областей возбуждения колебаний с помощью эффекта Рийке. Сравнение теоретических и экспериментальных данных. Решение задач.

контрольная, примерные вопросы:

Описание закономерности областей возбуждения колебаний с помощью эффекта Рийке.
Сравнение теоретических и экспериментальных данных. Решение задач.

Тема 9. Теория явления Рийке Сравнение теоретических и экспериментальных данных.

Тема 10. Теория явления Рийке Решение задач.

контрольная, примерные вопросы:

Теория явления Рийке Сравнение теоретических и экспериментальных данных.

Тема 11. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца
Определение резонатора Гельмгольца. Теоретическое объяснение данного вида колебаний, предложенное Теодорчиком. Расчет автоколебаний в резонаторе Гельмгольца энергетическим методом. Сравнение с экспериментальными данными.

Тема 12. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца
Определение резонатора Гельмгольца. Сравнение с экспериментальными данными.

Тема 13. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца
Расчет автоколебаний в резонаторе Гельмгольца энергетическим методом.

контрольная, примерные вопросы:

Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца Расчет автоколебаний в резонаторе Гельмгольца энергетическим методом.

Тема 14. Расчет Эффекта Зондхаусса Вывод соотношений, определяющих условия возбуждения, частоту и амплитуду установившихся колебаний газа. Расчет параметров колебаний газа и сравнение с экспериментальными данными.

Тема 15. Расчет Эффекта Зондхаусса Расчет параметров колебаний газа и сравнение с экспериментальными данными.

Тема 16. Расчет Эффекта Зондхаусса Расчет параметров колебаний газа

контрольная, примерные вопросы:

Вывод соотношений, определяющих условия возбуждения, частоту и амплитуду установившихся колебаний газа. Расчет параметров колебаний газа и сравнение с экспериментальными данными.

Тема 17. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением Понятие теплового сопротивления. Физический механизм возбуждения колебаний газа в трубе. Критерий термоакустической неустойчивости. Решение задач.

Тема 18. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением Критерий термоакустической неустойчивости.

Тема 19. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением Решение задач

контрольная, примерные вопросы:

Понятие теплового сопротивления. Физический механизм возбуждения колебаний газа в трубе. Критерий термоакустической неустойчивости. Решение задач.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

1. Примеры самовозбуждения звука в системах с тепловыми источниками.
2. Расчет колебаний газа в трубе с продольным градиентом температуры.
3. Установка типа емкость-труба (Резонатор Гельмгольца).
4. Продольные колебания газа в системах в отсутствии градиента температуры.
5. Теоретические модели термоакустических колебаний газа. Критерий Рэлея.
6. Теория явления Рийке. Основные характеристики.
7. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца. Расчет автоколебаний энергетическим методом.
8. Расчет эффекта Зондхаусса.

9. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением. Понятие тепового сопротивления.

7.1. Основная литература:

1. Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена: Учебное пособие / В.А. Бариллович, Ю.А. Смирнов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 432 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-005771-2, 200 экз.
<http://znanium.com/bookread.php?book=356818>
2. Гидравлика, пневматика и термодинамика: Курс лекций / Под ред. В.М. Филина. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013. - 320 с.: 60x90 1/16. - (Профессиональное образование). (переплет) ISBN 978-5-8199-0358-2, 1000 экз. <http://znanium.com/bookread.php?book=372195>
3. Задачник по технической термодинамике и теории тепломассообмена: учеб. пособие / В. Н. Афанасьев, С. И. Исаев, И. А. Кожин и др.; Под ред. В. И. Крутова и Г. Б. Петражицкого. ? 2-е изд., стереотипное. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2011. ? 384 с.: ил. ? (Учебная литература для вузов). - ISBN 978-5-9775-0592-5. <http://znanium.com/bookread.php?book=355316>

7.2. Дополнительная литература:

1. Физика: Механика. Механические колебания и волны. Молекулярная физика. Термодинамика: Учебное пособие / С.И. Кузнецов. - 4-е изд., испр. и доп. - М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 248 с.: 60x90 1/16. (п) ISBN 978-5-9558-0317-3, 700 экз.
<http://znanium.com/bookread.php?book=412940>
2. Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена: Учебное пособие / В.А. Бариллович, Ю.А. Смирнов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 432 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-005771-2, 200 экз.
<http://znanium.com/bookread.php?book=356818>

7.3. Интернет-ресурсы:

- Колебания и волны. Физика. Наука. Электронные учебники. - libedu.ru?nauka/fizika/kolebanija_i_volny/
- Линейные колебания и волны - sgu.ru?files/nodes/62639/oswave.pdf
- Теория термоакустических колебаний газа - http://kpfu.ru/main?p_id=20434&p_lang=&p_type=3
- Теория термоакустических колебаний газа - <http://bars.kfu-elearning.ru/course/category.php?id=656>
- Электронный мультимедийный учебник по разделу физики "Колебания и Волны" - koi.tspu.ru?waves/

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Теория термоакустических колебаний газа" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен студентам. Электронная библиотечная система "Консультант студента" предоставляет полнотекстовый доступ к современной учебной литературе по основным дисциплинам, изучаемым в медицинских вузах (представлены издания как чисто медицинского профиля, так и по естественным, точным и общественным наукам). ЭБС предоставляет вузу наиболее полные комплекты необходимой литературы в соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов с соблюдением авторских и смежных прав.

Аудитория, оборудованная мультимедийным проектором для проведения лекций.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 223200.68 "Техническая физика" и магистерской программе не предусмотрено .

Автор(ы):

Иовлева О.В. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Ларионов В.М. _____

"__" _____ 201__ г.