

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Инженерный институт



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

_____ Д.А. Таюрский

"__" _____ 20__ г.

Программа дисциплины

Теория термоакустических колебаний газа

Направление подготовки: 16.04.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: Техническая физика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Иовлева О.В. (кафедра технической физики и энергетики, Инженерный институт), Olga.Beloded@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-2	способностью демонстрировать и использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук
ОПК-5	способностью осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, готовностью к профессиональному росту
ПК-8	способностью представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

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

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.

Должен владеть:

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

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.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.01.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 16.04.01 "Техническая физика (Техническая физика)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 1 курсе в 1 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

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

Контактная работа - 54 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 36 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 54 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 1 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение.	1	2	2	0	6
2.	Тема 2. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры	1	4	6	0	8
3.	Тема 3. Теоретические модели термоакустических колебаний газа	1	4	6	0	8
4.	Тема 4. Теория явления Рийке	1	2	6	0	8
5.	Тема 5. Возбуждение звука в неравномерно нагретом резонаторе Гельмгольца	1	2	6	0	8
6.	Тема 6. Расчет Эффекта Зондхаусса	1	2	6	0	8
7.	Тема 7. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением	1	2	4	0	8
	Итого		18	36	0	54

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Введение.

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

Сведения о свойствах жидкостей и газов.

Предмет и задачи дисциплины. Основные понятия, термины и определения. Формы промежуточного и заключительного контроля. Роль дисциплины в системе знаний специалиста. Методические указания по изучению дисциплины. Рекомендуемая основная и дополнительная литература.

Физические свойства газа: сплошность, плотность, сжимаемость. Вязкость и понятие о пограничном слое. Уравнение состояния. Модели газа: идеальный газ, реальный газ. Международная стандартная атмосфера.

Тема 2. Продольные колебания газа в системах с продольным градиентом температуры

Расчет колебаний газа в трубе с продольным градиентом температуры. Влияние находящегося в потоке препятствия на частоту колебаний. Установка типа емкость-труба, резонатор Гельмгольца. Продольные колебания газа в системах в отсутствие градиента температуры.

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 3. Теоретические модели термоакустических колебаний газа

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

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.

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 4. Теория явления Рийке

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

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 5. 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.

Явление резонанса Гельмгольца, очень часто используется во многих сферах, и на впуске в ДВС и на выпуске, и в акустике, и в музыкальных инструментах, например гитара.

Многое сказано, рассказано и объяснено. Не знаю стоит ли акцентировать внимание на принципе работы, так как можно ввести в поиск и получить много интересного.

Тема 6. Расчет Эффекта Зондхаусса

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

Когда-то стеклодувы заметили, как при выдувании стекла трубка стеклодува вдруг начинает звучать! При прохождении воздуха через трубку стеклодува на другом ее конце, который находится в печи, из стеклянной массы образуется полый шар. При определенных размерах трубки и шара в трубке возникает звук. Высота звука зависит от длины трубки.

Активная ссылка на источник "Класс!ная физика" обязательна: <http://class-fizika.ru/ni-trub.html>

Тема 7. Термоакустические колебания газа в канале с переменным тепловым сопротивлением

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

Возникновение колебаний газа в трубах при пощводе тепла привлекло к себе внимание еще в начале XIX века. Долгое время эта проблема представляла чисто академический интерес. Но по мере развития техники и энергетики, особенно при создании высокофорсированных камер сгорания" возбуждение акустических колебаний в газовом столбе при наличии больших температурных градиентов приобрело определенную актуальность. Аналогичные проблемы возникают в промышленных топках, глубоких газонагревннх емкостях. С этими явлениями связаны проблема гашения промышленного шума при горении, возникновение колебаний в криогенном оборудовании

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемому результату обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Колебания и волны. Физика. Наука. Электронные учебники. - libedu.ru?nauka/fizika/kolebanija_i_volny/

Линейные колебания и волны - sgu.ru?files/nodes/62639/oscowave.pdf

Теория термоакустических колебаний газа - <http://bars.kfu-elearning.ru/course/category.php?id=656>

Теория термоакустических колебаний газа - http://kpfu.ru/main?p_id=20434&p_lang=&p_type=3

Электронный мультимедийный учебник по разделу физики "Колебания и Волны" - koi.tspu.ru?waves/

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>Для того, чтобы лекция для студента была продуктивной, к ней надо готовиться. Подготовка к лекции заключается в следующем:</p> <ul style="list-style-type: none"> - узнайте тему лекции (по тематическому плану, по информации лектора), - прочитайте учебный материал по учебнику и учебным пособиям, - уясните место изучаемой темы в своей профессиональной подготовке, - выпишите основные термины, - ответьте на контрольные вопросы по теме лекции, - уясните, какие учебные элементы остались для вас неясными, - запишите вопросы, которые вы зададите лектору на лекции
практические занятия	<p>Важной формой самостоятельной работы студента является систематическая и планомерная подготовка к практическому занятию. После лекции студент должен познакомиться с планом практических занятий и списком обязательной и дополнительной литературы, которую необходимо прочитать, изучить и законспектировать. Разъяснение по вопросам новой темы студенты получают у преподавателя в конце предыдущего практического занятия.</p> <p>Подготовка к практическому занятию требует, прежде всего, чтения рекомендуемых источников и монографических работ, их реферирования, подготовки докладов и сообщений. Важным этапом в самостоятельной работе студента является повторение материала по конспекту лекции. Одна из главных составляющих внеаудиторной подготовки ? работа с книгой. Она предполагает: внимательное прочтение, критическое осмысление содержания, обоснование собственной позиции по дискуссионным моментам, постановки интересных вопросов, которые могут стать предметом обсуждения на семинаре.</p> <p>В начале семинарского занятия должен присутствовать организационный момент и вступительная часть. Преподаватель произносит краткую вступительную речь, где формулируются основные вопросы и проблемы, способы их решения в процессе работы.</p> <p>В конце каждой темы подводятся итоги, предлагаются темы докладов, выносятся вопросы для самоподготовки. Как средство контроля и учета знаний студентов в течение семестра проводятся контрольные работы. Все указанные обстоятельства учитывались при составлении рабочей программы дисциплины. В ней представлена тематика докладов, охватывающая ключевые вопросы рабочей программы дисциплины. Их подготовка и изложение на занятиях являются основной формой работы и промежуточного контроля знаний студентов. В рабочей программе приведены вопросы для подготовки к зачету. Список литературы содержит перечень печатных изданий для подготовки студентов к занятиям и их самостоятельной работы. При разработке рабочей программы предусмотрено, что определенные темы изучаются студентами самостоятельно.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа студентов - планируемая учебная, учебно- исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия или при частичном участии преподавателя, оставляющим ведущую роль в работе студентам.</p> <p>Количество часов на самостоятельную работу студента по дисциплине устанавливается учебным планом и рабочей программой учебной дисциплины. В рабочей программе указываются виды планируемой самостоятельной работы студента, их содержание, трудоемкость выполнения, методы контроля и перечень рекомендуемой учебной и учебно-методической литературы.</p> <p>Самостоятельная работа студентов проводится с целью:</p> <ul style="list-style-type: none"> - систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений; - углубления и расширения теоретических знаний; - формирования умений использовать справочную литературу; - развития познавательных и творческих способностей студентов; - формирования самостоятельности мышления; - развития исследовательских умений. <p>Для достижения указанной цели студенты должны решать следующие задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> - изучить рекомендуемые литературные источники; - изучить основные понятия и определения; - решить предложенные задачи; - ответить на контрольные вопросы. <p>В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - аудиторная (самостоятельная работа на учебных занятиях под руководством преподавателя); - внеаудиторная (самостоятельная работа по заданию преподавателя, но без его участия).
зачет	<p>Наиболее ответственным этапом в обучении студентов является сессия. На ней студенты отчитываются о выполнении учебной программы, об уровне и объеме полученных знаний. Залогом успешной сдачи зачетов являются систематические занятия в течение семестра. Однако необходима и специальная работа в период сессии.</p> <p>Задачи студента в период сессии - это повторение, обобщение и систематизация изученного материала.</p> <p>Начинать повторение рекомендуется за месяц-полтора до начала сессии.</p> <p>Сначала следует внимательно посмотреть программу, установить наиболее трудные, наименее усвоенные разделы.</p> <p>Повторение рекомендуется вести по темам программы и по главам учебника.</p> <p>В процессе повторения анализируются и систематизируются все знания, накопленные при изучении программного материала: данные учебника,</p> <p>записи лекций, конспекты прочитанных книг, заметки, сделанные во время консультаций, результаты практических и лабораторных занятий.</p> <p>Установите четкий ритм работы и режим дня. Разумно чередуйте труд и отдых, питание, нормальный сон и пребывание на свежем воздухе.</p>

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Специализированная лаборатория.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 16.04.01 "Техническая физика" и магистерской программе "Техническая физика".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.01.01 Теория термоакустических колебаний газа

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 16.04.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: Техническая физика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

Основная литература:

1. Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена: Учебное пособие / В.А. Барилевич, 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/bookread2.php?book=957143>
3. Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена: Учебное пособие / В.А. Барилевич, 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/bookread2.php?book=356818>

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. Барилевич, 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>

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.01.01 Теория термоакустических колебаний газа

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 16.04.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: Техническая физика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. 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, учебно-методические комплексы, 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 образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. 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 обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.