

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



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Таюрский Д.А.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Колебания и волны в энергетических установках Б1.В.ДВ.8

Направление подготовки: 16.03.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Ларионов В.М.

**Рецензент(ы):**

Митрофанов Г.А.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Кашапов Н. Ф.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Инженерного института:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No

Казань  
2017

## 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) профессор, д.н. (доцент) Ларионов В.М. кафедра технической физики и энергетики Инженерный институт , Larionov.kfu@gmail.com

### 1. Цели освоения дисциплины

Учебная дисциплина "Колебания и волны в энергетических установках" относится к вариативной части профессионального цикла дисциплин учебного плана подготовки бакалавров и имеет своей целью формирование у обучающихся перечисленных ниже компетенций, основанных на усвоении современных методов расчета тепломассообмена в колеблющихся потоках. Курс опирается на знания по курсам "Теоретическая механика. Механика сплошных сред" и "Механика жидкости, газа и плазмы".

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.8 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 16.03.01 Техническая физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Курс "Колебания и волны в энергетических установках" излагается в первом семестре. Знания, полученные студентами при изучении курсов "Теоретическая механика. Механика сплошных сред" и "Механика жидкости, газа и плазмы", обеспечивают данную дисциплину. После ознакомления с курсом лекций студенты должны уметь квалифицированно подходить к постановке задач, выбору объектов исследования в связи с их строением и структурой при решении научных и научно-прикладных проблем.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-7 (общекультурные компетенции)	способностью к самоорганизации и самообразованию
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью к теоретическим и экспериментальным исследованиям в избранной области технической физики, готовностью учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности
ПК-1 (профессиональные компетенции)	готовностью к участию в исследованиях инновационных принципов создания физико-технических объектов
ПК-13 (профессиональные компетенции)	способностью использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способностью использовать технические средства для определения основных параметров технологического процесса, изучения свойств физико-технических объектов, изделий и материалов

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

сущность физических явлений протекающих при нелинейных колебаниях в энергетических установках;

основные нелинейные эффекты, возникающие при резонансных колебаниях ;

роль эксперимента в технической физике, принципы его реализации и контроля качества объектов исследования; сведения об основных типах измерительных приборов и комплексов; метрологическое обеспечение технической физики, основные принципы измерения, методы обработки результатов и оценки погрешностей.

2. должен уметь:

применять методы математической и теоретической физики для расчета колебаний и волн в энергетических установках;

выполнять измерения и экспериментальные исследования различных объектов технической физики;

планировать необходимый эксперимент и использовать информационные технологии для обработки и оценки погрешностей полученных данных.

3. должен владеть:

методами теоретического и экспериментального исследования, колебаний и волн в различных энергетических установках;

методами выполнения физико-технических расчетов и определения экономической эффективности исследований и разработок;

стандартными пакетами программ компьютерной графики и моделирования;

навыками монтажа, наладки и технической эксплуатации аналитического и технологического оборудования.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

способность разрабатывать и оптимизировать современные наукоемкие технологии в различных областях технической физики и энергетики с учетом экономических и экологических требований;

готовность и способность применять физические и технические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий в области технической физики и энергетики.

#### **4. Структура и содержание дисциплины/ модуля**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) 180 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 7 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	7		2	0	0	
2.	Тема 2. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах	7		4	0	0	
3.	Тема 3. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах	7		0	4	0	
4.	Тема 4. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах	7		0	4	0	
5.	Тема 5. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах	7		0	4	0	
6.	Тема 6. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах	7		0	4	0	
7.	Тема 7. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах	7		0	0	0	Контрольная работа
8.	Тема 8. Резонансные колебания газа в закрытой трубе	7		6	0	0	
9.	Тема 9. Резонансные колебания газа в закрытой трубе	7		0	4	0	
10.	Тема 10. Резонансные колебания газа в закрытой трубе	7		0	0	0	Контрольная работа
11.	Тема 11. Резонансные колебания газа в трубе с открытым концом	7		6	0	0	
12.	Тема 12. Резонансные колебания газа в трубе с открытым концом	7		0	4	0	
13.	Тема 13. Резонансные колебания газа в трубе с открытым концом	7		0	0	0	Контрольная работа

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
14.	Тема 14. Вторичные течения и акустотермические эффекты при колебаниях газа в трубах	7		6	0	0	
15.	Тема 15. Вторичные течения и акустотермические эффекты при колебаниях газа в трубах	7		0	4	0	
16.	Тема 16. Вторичные течения и акустотермические эффекты при колебаниях газа в трубах	7		0	4	0	
17.	Тема 17. Вторичные течения и акустотермические эффекты при колебаниях газа в трубах	7		0	0	0	Контрольная работа
18.	Тема 18. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах	7		6	0	0	
19.	Тема 19. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах	7		0	3	0	
20.	Тема 20. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах	7		0	3	0	
21.	Тема 21. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах	7		0	0	0	Контрольная работа
21.	Тема 21. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах	7		0	3	0	
22.	Тема 22. Влияние градиента температуры на резонансные колебания	7		6	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	
23.	Тема 23. Влияние градиента температуры на резонансные колебания	7		0	3	0	
24.	Тема 24. Влияние градиента температуры на резонансные колебания	7		0	3	0	
25.	Тема 25. Влияние градиента температуры на резонансные колебания	7		0	3	0	
26.	Тема 26. Влияние градиента температуры на резонансные колебания	7		0	0	0	Контрольная работа
.	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Экзамен
	Итого			36	50	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Введение

###### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Объекты исследования, задачи и методы исследования

##### Тема 2. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах

###### *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Пульсирующие и колеблющиеся потоки. Уравнения, описывающие термодинамический перенос в трубах (изотермическая стенка). Параметры подобия. Решение методом возмущений (изотермическая стенка). Анализ граничных условий на поршне и на стенках трубы. Перенос при слабой диссипации: уравнение Честера.

##### Тема 3. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах

###### *практическое занятие (4 часа(ов)):*

Пульсирующее течение в канале. Низкочастотное разложение

##### Тема 4. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах

###### *практическое занятие (4 часа(ов)):*

Пульсирующее течение в канале. Высокочастотное разложение

##### Тема 5. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах

###### *практическое занятие (4 часа(ов)):*

Аннулярный эффект Ричардсона

##### Тема 6. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах

###### *практическое занятие (4 часа(ов)):*

Уравнения, описывающие колебания в трубах в случае теплоизолированной стенки.

## **Тема 7. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах**

### **Тема 8. Резонансные колебания газа в закрытой трубе**

#### ***лекционное занятие (6 часа(ов)):***

Решение уравнений первого приближения. Общие свойства полученных результатов. Теория резонансных колебаний газа с учетом поглощения. Резонансные колебания в закрытой трубе при слабой диссипации, анализ полученных результатов. Субгармонические нелинейные резонансы при слабой диссипации.

### **Тема 9. Резонансные колебания газа в закрытой трубе**

#### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Расчет безразмерной амплитуды колебаний газа и констант интегрирования.

### **Тема 10. Резонансные колебания газа в закрытой трубе**

### **Тема 11. Резонансные колебания газа в трубе с открытым концом**

#### ***лекционное занятие (6 часа(ов)):***

Граничные условия на открытом конце: обзор. Теория резонансных колебаний. Сравнение с экспериментом.

### **Тема 12. Резонансные колебания газа в трубе с открытым концом**

#### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Аналитический расчет граничных условий на открытом конце

### **Тема 13. Резонансные колебания газа в трубе с открытым концом**

### **Тема 14. Вторичные течения и акустотермические эффекты при колебаниях газа в трубах**

#### ***лекционное занятие (6 часа(ов)):***

Интегрирование уравнений, описывающих вторичные течения. Определение констант. Анализ полученных решений. Получение выражения термоакустического теплового потока. Расчет акустотермического теплового потока. Анализ полученных результатов.

### **Тема 15. Вторичные течения и акустотермические эффекты при колебаниях газа в трубах**

#### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Расчет осредненных по времени величин второго порядка.

### **Тема 16. Вторичные течения и акустотермические эффекты при колебаниях газа в трубах**

#### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Зависимости максимальной осевой скорости вторичных течений в ядре потока от числа Прандтля

### **Тема 17. Вторичные течения и акустотермические эффекты при колебаниях газа в трубах**

### **Тема 18. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах**

#### ***лекционное занятие (6 часа(ов)):***

Полуэмпирические модели турбулентности. Сравнение разных моделей. Анализ энергетического баланса в турбулентных колеблющихся потоках в случае, когда турбулентность распространяется от стенки к оси трубы в течение части периода колебаний. Резонансные колебания в закрытой трубе при слаборазвитой турбулентности. Резонансные колебания в трубе с открытым концом.

### **Тема 19. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах**

#### ***практическое занятие (3 часа(ов)):***

Критерии перехода к турбулентности Меркли и Томана, Иенсена, Ооми.

### **Тема 20. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах**

#### ***практическое занятие (3 часа(ов)):***

Распределение касательного напряжения в пристеночной области в фазе ускорения и торможения.



## **Тема 21. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах**

### ***практическое занятие (3 часа(ов)):***

Распределение скорости в пристеночной области и ядре потока. Особенности колебаний при полностью развитой турбулентности

## **Тема 21. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах**

## **Тема 22. Влияние градиента температуры на резонансные колебания**

### ***лекционное занятие (6 часа(ов)):***

Получение волнового уравнения для колебаний при наличии осредненного градиента температуры. Расчет резонансных колебаний в закрытой трубе при наличии скачка температуры с учетом пристеночного поглощения. Анализ полученных результатов и сравнение с результатами при отсутствии поглощения. Резонансные колебания в закрытой и открытой трубах при наличии стека. Распространение бегущей волны через стек. Влияние геометрических размеров стека на амплитуду колебаний давления газа.

## **Тема 23. Влияние градиента температуры на резонансные колебания**

### ***практическое занятие (3 часа(ов)):***

Расчет резонансных колебаний в закрытой трубе при наличии скачка температуры без учета пристеночного поглощения

## **Тема 24. Влияние градиента температуры на резонансные колебания**

### ***практическое занятие (3 часа(ов)):***

Влияние ориентации поршня относительно скачка температуры.

## **Тема 25. Влияние градиента температуры на резонансные колебания**

### ***практическое занятие (3 часа(ов)):***

Влияние расстояния между пластинами стека на амплитуду колебаний давления газа в трубе

## **Тема 26. Влияние градиента температуры на резонансные колебания**

### **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

<b>N</b>	<b>Раздел Дисциплины</b>	<b>Семестр</b>	<b>Неделя семестра</b>	<b>Виды самостоятельной работы студентов</b>	<b>Трудоемкость (в часах)</b>	<b>Формы контроля самостоятельной работы</b>
7.	Тема 7. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах	7		подготовка к контрольной работе	10	контрольная работа
10.	Тема 10. Резонансные колебания газа в закрытой трубе	7		подготовка к контрольной работе	10	контрольная работа
13.	Тема 13. Резонансные колебания газа в трубе с открытым концом	7		подготовка к контрольной работе	10	контрольная работа
17.	Тема 17. Вторичные течения и акустотермические эффекты при колебаниях газа в трубах	7		подготовка к контрольной работе	10	контрольная работа
21.	Тема 21. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах	7		подготовка к контрольной работе	9	контрольная работа

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
26.	Тема 26. Влияние градиента температуры на резонансные колебания	7		подготовка к контрольной работе	9	контрольная работа
	Итого				58	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Для изучения дисциплины учебным планом предусмотрено: 36 часов - лекций, 50 часов практических занятий и 58 часов самостоятельной работы студентов. По мере прохождения курса и изучения дисциплины студентам задаются контрольные вопросы. На практических (семинарских) занятиях предлагаются короткие дискуссии и обсуждение отдельных тем курса, выполняется решение задач. Самостоятельная работа состоит из работы над темами для самостоятельного изучения, подготовки к практическим занятиям, выполнения домашних контрольных работ и подготовки к экзамену. По завершению курса форма контроля - экзамен. Перед экзаменом - плановая консультация по всему курсу. К экзамену допускаются студенты, выполнившие аудиторные и домашние контрольные работы. Аттестация и экзамен ставится по итогам занятий - регулярности посещения занятий, участия в дискуссиях, выполнению аудиторных и домашних заданий. На экзамене студенту предлагается ответить на два вопроса по изучаемому курсу. При необходимости преподаватель может задавать дополнительные вопросы по его усмотрению.

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

### Тема 1. Введение

**Тема 2. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах**

**Тема 3. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах**

**Тема 4. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах**

**Тема 5. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах**

**Тема 6. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах**

**Тема 7. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах**

контрольная работа , примерные вопросы:

Уравнения нулевого, первого и второго приближения для теплоизолированной стенки.

Граничные условия на поршне при наличии конусного переходника.

**Тема 8. Резонансные колебания газа в закрытой трубе**

**Тема 9. Резонансные колебания газа в закрытой трубе**

**Тема 10. Резонансные колебания газа в закрытой трубе**

контрольная работа , примерные вопросы:

Резонансные колебания вязкого теплопроводного газа при слабой диссипации. Параметр трения. Константы интегрирования и безразмерная амплитуда колебаний давления газа

**Тема 11. Резонансные колебания газа в трубе с открытым концом**

**Тема 12. Резонансные колебания газа в трубе с открытым концом**

**Тема 13. Резонансные колебания газа в трубе с открытым концом**

контрольная работа , примерные вопросы:

Распределение осевой скорости в ядре течения и пограничном слое, распределение нормальной скорости в ядре и пограничном слое, влияние пристеночного поглощения на осевую скорость. Влияние безразмерной частоты колебаний на распределение теплового потока.

**Тема 14. Вторичные течения и акустотермические эффекты при колебаниях газа в трубах**

**Тема 15. Вторичные течения и акустотермические эффекты при колебаниях газа в трубах**

**Тема 16. Вторичные течения и акустотермические эффекты при колебаниях газа в трубах**

**Тема 17. Вторичные течения и акустотермические эффекты при колебаниях газа в трубах**

контрольная работа , примерные вопросы:

Распределение осевой скорости в ядре течения и пограничном слое, распределение нормальной скорости в ядре и пограничном слое, влияние пристеночного поглощения на осевую скорость. Влияние безразмерной частоты колебаний на распределение теплового потока.

**Тема 18. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах**

**Тема 19. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах**

**Тема 20. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах**

**Тема 21. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах**

контрольная работа , примерные вопросы:

Анализ граничного условия в случае, когда на открытом конце трубы формируется турбулентная пульсирующая струя.

**Тема 21. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах**

**Тема 22. Влияние градиента температуры на резонансные колебания**

**Тема 23. Влияние градиента температуры на резонансные колебания**

**Тема 24. Влияние градиента температуры на резонансные колебания**

**Тема 25. Влияние градиента температуры на резонансные колебания**

**Тема 26. Влияние градиента температуры на резонансные колебания**

контрольная работа , примерные вопросы:

Расчет резонансных колебаний в полуоткрытой трубе при наличии скачка температуры. Термоакустические машины. Особенности колебаний в трубе при наличии стека.

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

1. Уравнения нулевого, первого и второго приближения для теплоизолированной стенки.
2. Резонансные колебания вязкого теплопроводного газа при слабой диссипации.
3. Распределение осевой скорости в ядре течения и пограничном слое
4. Анализ граничного условия в случае, когда на открытом конце трубы формируется турбулентная пульсирующая струя.
5. ....

### **7.1. Основная литература:**

Гидродинамика, Мазо, Александр Бенцианович;Поташев, Константин Андреевич, 2008г.

Аэрогидродинамика, Кусюмов, Александр Николаевич;Иванов, Андрей Владимирович;Романова, Елена Владимировна, 2013г.

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. - Издание 5-е. М., 2006. Т. VI. Гидродинамика. - 736 с.

2. Галиуллин Р.Г., Ткаченко Л.А. Резонансные колебания газа в открытой трубе со скачком температуры // Изв. вузов. Проблемы энергетики. 2007. ♦1-2. С.21-29.

3. Карлов, Н.В. Колебания, волны, структуры [Электронный ресурс] : / Н.В. Карлов, Н.А. Кириченко. ? Электрон. дан. ? М. : Физматлит, 2008. ? 498 с. ? Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2192](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2192) ? Загл. с экрана.

## 7.2. Дополнительная литература:

Курс общей физики, Т. 1. Механика. Электродинамика. Колебания и волны, , 2013г.

Топливо-энергетический комплекс России на рубеже веков-состояние, проблемы и перспективы развития, Т. 2. Транспортировка, потребление и эффективность использования топливо-энергетических ресурсов. Внешняя торговля. Топливо-энергетический баланс страны. ТЭК регионов России. Государственная энергетическая политика России. Прогнозы развития энергетического сектора экономики, , 2009г.

1. Галиуллин Р.Г., Ревва И.П., Халимов Г.Г. Теория термических автоколебаний. Казань: Изд-во КГУ, 1982. 155 с.

2. Chester W. Resonant oscillations in closed tube // J. Fluid Mech. 1964. Vol.18. ♦1. - P.44-64.

3. Рейнольдс А.Дж. Турбулентные течения в инженерных приложениях. М.: Энергия. 1979. 405с.

4. Галиуллин Р.Г., Тимохина Л.А., Галиуллина Э.Р., Пермяков Е.И. Модель турбулентных осциллирующих потоков в гладких трубах // Инженерно-физический журнал. 2001. Т.74. ♦3. С.121-124.

5. Rott N. Thermoacoustics // Advanced Applied Mechanics. 1980. Vol. 20. P. 135-175.

6. Галиуллин Р.Г., Тимохина Л.А., Филипов С.Е. Резонансные колебания в закрытой трубе со скачком температуры // Известия вузов. Авиационная техника. 2002. ♦ 4. С.33-36.

7. Галиуллин Р.Г., Пермяков Е.И., Галиуллина Э.Р. Нелинейные резонансные колебания в трубе с открытым концом // Акустический журнал. 1996. Т.42. ♦6. С.769-772.

8. Галиуллин Р.Г., Тимохина Л.А., Филипов С.Е. Акустические течения при резонансных колебаниях газа в цилиндрической трубе // Акустический журнал. 2001. Т.47. ♦5. С.611-615.

9. Галиуллин Р.Г., Ткаченко Л.А., Филипов С.Е., Галиуллина Э.Р. Резонансные колебания газа в трубе с открытым концом в турбулентном режиме // Инженерно-физический журнал. 2004. Т.77. ♦1. С.109-113.

10. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М.: Наука, 1974. - 711 с.

11. Хинце И.О. Турбулентность, ее механизм и теория. М.: Физматгиз, 1963. - 680 с.

## 7.3. Интернет-ресурсы:

Автоколебания газа в установках с горением - <http://window.edu.ru/resource/444/37444>

Волновая энергетическая установка - <http://www.findpatent.ru/patent/244/2440510.html>

Волновая энергетическая установка (патент РФ ♦ 2330987) - <http://www.freepatent.ru/patents/2330987>

Колебания и волны - [http://znaniya-sila.narod.ru/library/pdf\\_00/mgu\\_kv.pdf](http://znaniya-sila.narod.ru/library/pdf_00/mgu_kv.pdf)

Энергия мегалитов - [http://energyvacuum.umi.ru/energiya\\_megalitov/](http://energyvacuum.umi.ru/energiya_megalitov/)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Колебания и волны в энергетических установках" 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.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

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.

Для самостоятельной работы студентам потребуется возможность выхода в Internet.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 16.03.01 "Техническая физика" и профилю подготовки не предусмотрено.

Автор(ы):

Ларионов В.М. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Митрофанов Г.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.