

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

Проф. Д.А. Таюрский

ДЕПАРТАМЕНТ
ОБРАЗОВАНИЯ
(ДО КФУ)

» _____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

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

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

Автор(ы): Ларионов В.М.

Рецензент(ы): Митрофанов Георгий Алексеевич

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Кашапов Н. Ф.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 20__ г.

Учебно-методическая комиссия Инженерного института:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 20__ г.

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
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
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
 - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
 - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
 - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
 - 7.1. Основная литература
 - 7.2. Дополнительная литература
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 к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

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

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

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

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

Выпускник, освоивший дисциплину:

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.

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.

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.

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.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.8 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 16.03.01 "Техническая физика (не предусмотрено)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 4 курсе в 7 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 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 86 часа(ов), в том числе лекции - 36 часа(ов), практические занятия - 50 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 67 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 27 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 7 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	7	2	8	0	7
2.	Тема 2. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах	7	4	7	0	10
3.	Тема 3. Резонансные колебания газа в закрытой трубе	7	6	7	0	10
4.	Тема 4. Резонансные колебания газа в трубе с открытым концом	7	6	7	0	10
5.	Тема 5. Вторичные течения и акустотермические эффекты при колебаниях газа в трубах	7	6	7	0	10
6.	Тема 6. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах	7	6	7	0	10
7.	Тема 7. Влияние градиента температуры на резонансные колебания	7	6	7	0	10
	Итого		36	50	0	67

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение

Процесс самовозбуждения акустических колебаний газа, когда ему сообщается теплота, выделяемая при горении или путем теплопередачи от нагретых тел, известен с работ Хиггинса, Рэля, Рийке, Зондхаусса. В литературе это явление называют также вибрационным, или пульсационным горением, неустойчивостью горения, термическим возбуждением звука, термоакустическими колебаниями .

В камерах сгорания ракетных и газотурбинных двигателей колебания могут привести к частичному или полному разрушению элементов конструкции. Поэтому обеспечение устойчивости процесса горения является серьезной и актуальной проблемой, требующей больших материальных затрат, и занимает значительную часть времени в общей доводке двигателей.

В то же время установлено, что в колеблющихся потоках происходит существенное ускорение различных теплообменных процессов, увеличение теплонапряженности топочного объема, улучшение полноты

сгорания топлива по сравнению с равномерным, устойчивым режимом горения.

Эти преимущества могут быть использованы в энергетических установках, в которых амплитуда колебаний будет не такой большой, чтобы привести к каким-то серьезным последствиям.

В связи с ограниченными запасами природного топлива одной из главных задач энергетики является разработка эффективных, энергосберегающих способов сжигания основных видов топлива. Интенсификация процесса горения колебаниями - одно из возможных решений проблемы.

Тема 2. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах

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.

В 1859 г. Пауль Рийке обнаружил следующее: если в вертикально расположенную трубу длиной 0.8 м поместить на расстоянии примерно 0.2 м от нижнего конца раскаленную проволочную сетку, нагреваемую электрическим током, в трубе происходит самовозбуждение звуковых колебаний. Впоследствии этот эффект наблюдали многие исследователи, которые использовали различные нагревательные элементы - решетки, кольца, всевозможные спирали. Явление обладает рядом свойств. Для возбуждения колебаний, соответствующих первой гармонике, необходимо располагать нагретое тело в нижней половине трубы. Наиболее интенсивное звучание наблюдается в том случае, когда источник теплоты расположен на расстоянии четверти длины трубы от нижнего конца. Эффект наблюдается, если средняя скорость движения воздуха в трубе изменяется в некотором интервале, а мощность теплового источника выше некоторого предельного значения.

Термоакустические колебания наблюдаются и при отсутствии потока воздуха. Для этого в горизонтально расположенную трубу, один конец которой закрыт, а другой открыт, или закрытую на обоих концах, необходимо поместить нагреватель и близко расположенный к нему охладитель. При некоторой разнице температур происходит самовозбуждение звука. Этот эффект был обнаружен Зондхауссом.

Установлено, что аналогичное явление наблюдается при распространении фронта пламени по трубе, при горении за стабилизаторами в открытом пространстве и в упругих оболочках

Тема 3. Резонансные колебания газа в закрытой трубе

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.

Исследование резонансных колебаний в закрытой трубе, учет потерь при таких колебаниях, расчет акустотермического эффекта при наличии неравномерного температурного поля, изучение резонансных нелинейных колебаний газа в закрытой трубе с осевым градиентом температуры.

Тема 4. Резонансные колебания газа в трубе с открытым концом

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

Рассматриваются резонансные колебания, возбуждаемые поршнем в открытой трубе, заполненной газом со скачком температуры в некотором сечении. Моделируется граничное условие на открытом конце трубы в случае, когда температуры истекающего и втекающего газа отличаются. Получены амплитудно-частотные характеристики и изучено влияние положения скачка температуры на частоты и амплитуды колебаний газа в области околорезонансных частот. Даются распределения амплитуды колебаний давления газа вдоль трубы при резонансе для различных значений положения скачка температуры.

Тема 5. Вторичные течения и акустотермические эффекты при колебаниях газа в трубах

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

Вторичные течения, возникающие при турбулентном течении жидкости в трубах с пекруглым поперечным сечением, приводят к тому, что распределение касательных напряжений по периметру становится близким к однородному.

Тема 6. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах

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 7. Влияние градиента температуры на резонансные колебания

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.

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".

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаленного электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
Семестр 7			
	<i>Текущий контроль</i>		
1	Письменная работа	ПК-9, ОПК-1, ОПК-3, ПК-13, ОК-7	2. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах 3. Резонансные колебания газа в закрытой трубе 4. Резонансные колебания газа в трубе с открытым концом 5. Вторичные течения и акустотермические эффекты при колебаниях газа в трубах 6. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
2	Устный опрос	ОК-7, ОПК-1, ПК-13, ПК-9, ОПК-3	1. Введение 2. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах 3. Резонансные колебания газа в закрытой трубе 4. Резонансные колебания газа в трубе с открытым концом 5. Вторичные течения и акустотермические эффекты при колебаниях газа в трубах 6. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах 7. Влияние градиента температуры на резонансные колебания
3	Письменное домашнее задание	ОК-7, ОПК-1, ОПК-3, ПК-13, ПК-9	2. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах 3. Резонансные колебания газа в закрытой трубе 4. Резонансные колебания газа в трубе с открытым концом 5. Вторичные течения и акустотермические эффекты при колебаниях газа в трубах 6. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах 7. Влияние градиента температуры на резонансные колебания
	Экзамен	ОК-7, ОПК-1, ОПК-3, ПК-13, ПК-9	

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Семестр 7					
Текущий контроль					
Письменная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Проявлен хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Проявлен удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Проявлен неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	1
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Проявлен высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Проявлен хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	2

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Письменное домашнее задание	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Проявлен хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Проявлен удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Проявлен неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	3
Экзамен	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Семестр 7

Текущий контроль

1. Письменная работа

Темы 2, 3, 4, 5, 6

Предназначена для того, чтобы проверить, насколько студент умеет работать с теоретической информацией. Преподаватель даёт перечень вопросов, список литературы, а студент лаконично конспектирует ответы. Затем конспект сдаётся на проверку. Эта форма работы учит обращаться с массивом информации, искать ответ на интересующий вопрос. Такое умение ценится в любом сотруднике, так что тренируйся в вузе.

1. Написать уравнение гармонических колебаний, если максимальное ускорение точки 49.3 см/с^2 , период колебаний 2 с , смещение точки из положения равновесия в начальный момент времени 25 мм .

2. Амплитуда колебаний материальной точки массой 3 г равна 15 см , круговая частота 10 рад/с . Определить максимальную величину возвращающей силы и максимальную кинетическую энергию точки.

3. На тело, совершающее гармонические колебания с периодом 1 с и начальной фазой $\pi/6$, действует максимальная возвращающая сила 17.5 Н . При этом полная энергия колебаний 2.85 Дж . Написать уравнение колебаний. Колебания происходят по закону косинуса.

4. Материальная точка совершает гармонические колебания, уравнение которых имеет вид: $x=0.1 \sin(5\pi t)$ (смещение из положения равновесия - в метрах, время t в секундах). Масса точки 50 г. Найти силу, действующую на точку: 1) в тот момент, когда фаза колебаний равна 300° ; 2) в положении наибольшего отклонения точки.
5. Математический маятник массой 100 г совершает гармонические колебания по закону $x=0.25 \sin(2\pi t)$ (смещение из положения равновесия - в метрах, время t в секундах). Определить натяжение нити в момент времени $t=T/2$.
6. Точка совершает гармонические колебания, уравнение которых имеет вид: $x=0.05 \sin(2t)$ (смещение из положения равновесия - в метрах, время t в секундах). В момент, когда на точку действовала возвращающая сила 5 мН, точка обладала потенциальной энергией 0.1 мДж. Найти фазу колебаний в этот момент времени.
7. Логарифмический декремент затухания математического маятника равен 0.2. Найти, во сколько раз уменьшится амплитуда колебаний за одно полное колебание, то есть за время $t=T$.
8. Плоская волна с периодом 1.2 с и амплитудой 2 см распространяется со скоростью 15 м/с. Чему равно смещение точки, находящейся на расстоянии 45 м от источника волн в момент, когда от начала колебаний источника прошло 4 с?
9. Смещение от положения равновесия точки, находящейся на расстоянии 4 см от источника колебаний, колеблющегося по закону: $x = \sin(\omega t)$, в момент времени $t=T/6$ равно половине амплитуды. Найти длину волны (волна плоская).
10. Определить разность фаз колебаний двух точек среды, находящихся на расстоянии 0.1 м друг от друга, если в среде распространяется плоская волна вдоль линии, соединяющей эти точки. Скорость распространения волны $v=340$ м/с, частота колебаний источника 1000 Гц.
11. При сложении двух одинаково направленных гармонических колебаний с одинаковой частотой и амплитудами, равными 0.02 и 0.04 м, получается гармоническое колебание с амплитудой 0.05 м. Найти разность фаз складываемых колебаний.
12. Для звуковой волны, описываемой уравнением $y = A \sin(\omega t - kx)$, где амплитуда выражена в метрах, круговая частота ω в с⁻¹, волновое число k в м⁻¹, найти: а) амплитуду скорости частиц среды и ее отношение к скорости распространения волны; б) отношение амплитуды смещения частиц среды к длине волны.
13. Однородный стержень совершает малые колебания в вертикальной плоскости около горизонтальной оси, проходящей через его верхний конец. Длина стержня 50 см. Найти период колебаний стержня.
14. Зависимость напряжения от времени на обкладках конденсатора с емкостью 26 нФ в колебательном контуре имеет вид: $U=10 \cos(2000\pi t)$. (Время t в секундах, напряжение U в вольтах.) Определить период электромагнитных колебаний, индуктивность контура, максимальную энергию электрического и магнитного полей.
15. Катушка индуктивностью 1 мГн и воздушный конденсатор, состоящий из двух круглых пластин диаметром 20 см каждая, соединены параллельно. Расстояние между пластинами 1 см. Определить период колебаний.
16. Конденсатор электроемкостью $5 \cdot 10^{-10}$ Ф соединен параллельно с катушкой длиной 0.4 м и площадью сечения $5 \cdot 10^{-4}$ м². Катушка содержит 1000 витков. Сердечник немагнитный. Найти период колебаний.
17. Колебательный контур содержит конденсатор электроемкостью 8.10⁻¹² Ф и катушку индуктивностью $0.5 \cdot 10^{-3}$ Гн. Каково максимальное напряжение на обкладках конденсатора, если максимальный ток $4 \cdot 10^{-2}$ А?

2. Устный опрос

Темы 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Предполагает обстоятельные, связные ответы студентов на вопрос, относящийся к изучаемому учебному материалу, поэтому он служит важным учебным средством развития речи, памяти, мышления студентов. Вопросы обычно задают всей группе и после небольшой паузы, необходимой для того, чтобы студенты поняли его и приготовились к ответу, вызывают для ответа конкретного студента.

Студенты могут предложить свой план ответа. Заключительная часть устного опроса – подробный анализ ответов студентов.

1. Как изменяется скорость звука в воздухе при изменении его температуры?
2. Что понимают под интенсивностью звука и от чего она зависит?
3. Чем объясняется потеря звуковой энергии при отражении звука от воды в цилиндре установки?
4. Какие звуковые колебания называют основным тоном и какие называют гармоническими обертонами?
5. Каковы условия, необходимые для интерференции волн?
6. С какими волнами работали: продольными, поперечными, плоскими или сферическими?
7. Свободными называют колебания, которые происходят под действием...
8. Сколько колебаний совершит материальная точка за 5 с при частоте колебаний 440 Гц?...
9. Каковы свойства поперечных волн?
10. Как изменится период математического маятника, если амплитуда увеличится?
11. Вынужденными называются колебания, которые происходят только под действием ...

3. Письменное домашнее задание

Темы 2, 3, 4, 5, 6, 7

1. Описать колебания газа, возникающие при распространении звуковых волн в трубе с идеально открытыми концами.
2. Получить соотношения, связывающие акустические пульсации скорости и давления на стыке двух труб с поперечными сечениями S_1, S_2 .
3. Вывести уравнение собственных колебаний газа в резонаторе Гельмгольца, определить частоту колебаний.

4. Найти коэффициент отражения звуковой волны и количество излучаемой акустической энергии на открытом конце трубы радиусом 0.05 м, если частота колебаний газа 150 Гц, амплитуда пульсаций скорости на конце трубы $u_0 = 1$ м/с, плотность газа $\rho_0 = 1.23$ кг/м³, скорость звука $\tilde{c} = 343$ м/с.
5. Определить коэффициент отражения звуковой волны на закрытом и идеально открытом конце трубы.
6. Найти импеданс и коэффициент отражения звуковой волны на конце трубы, переходящей в емкость объемом V .
7. Какова частота и декремент затухания первой гармоники колебаний газа в трубе, открытой на концах длиной 1 м, радиусом 0.03 м, если температура газа 293 К, молярная масса $29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, коэффициент кинематической вязкости $1.5 \cdot 10^{-5}$ м²/с, показатель адиабаты 1.4.
8. В трубе сечением $3 \cdot 10^{-3}$ м² распространяется прямая бегущая волна. Вычислить поток акустической энергии в сечении, где пульсации скорости газа $u' = u_0 \cos \omega t$, $u_0 = 0.5$ м/с, плотность газа 1.23 кг/м³, скорость звука 343 м/с.
9. В некотором сечении трубы радиусом R давление равно P_0 . Расход жидкости G и коэффициент кинематической вязкости ν известен. Определить длину участка, на котором давление уменьшается в 2 раза.
10. Между двумя параллельными пластинами длиной l , шириной d , расстояние между которыми h , движется вязкая несжимаемая жидкость. Градиент давления $dP/dx = -a$, коэффициент динамической вязкости η . Определить количество диссипируемой энергии.
11. Определить расход газа в трубе длиной l , радиусом R , если давление на входе равно P_0 , на выходе P_1 , начальная плотность газа ρ_0 , показатель адиабаты γ , коэффициент динамической вязкости η .

Экзамен

Вопросы к экзамену:

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. Неустойчивость течений газа с тепловыми источниками
6. Энергетический критерий термоакустической неустойчивости
7. Колебания газа в трубах
8. Влияние находящихся в покое препятствий на частоту колебаний
9. Установка типа емкость-труба
10. резонатор Гельмгольца
11. Явление Рийке
12. Эффект Зондхаусса
13. Термоакустические колебания газа в системах с горением
14. возбуждение колебаний газа при горении в установке типа резонатора Гельмгольца
15. Колебания газа в трубе с произвольными импедансами на концах
16. Понятие импеданса.
17. Продольные колебания газа в канале
18. Линеаризация уравнений гидродинамики
19. Звуковые волны в движущейся среде
20. Энергия звуковой волны
21. Колебания газа в трубе с учетом потерь акустической энергии

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Семестр 7			
Текущий контроль			
Письменная работа	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	1	20
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	2	15
Письменное домашнее задание	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно дома и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	3	15
Экзамен	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература:

Волков К.Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа [Электронный ресурс] / Волков К.Н., Емельянов В.Н. - Москва: Физматлит, 2012 - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922114387.html>

Давыдова М.А. Лекции по гидродинамике [Электронный ресурс] / Давыдова М.А. - Москва: Физматлит, 2011 - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922113038.html>

Шейпак А. А. Гидравлика и гидропневмопривод. Основы механики жидкости и газа [Электронный ресурс]: учебник: 6 / Шейпак А. А - Москва: ООО 'Научно-издательский центр ИНФРА-М', 2017 - 272с. - URL: <http://znanium.com/go.php?id=544277>

7.2. Дополнительная литература:

Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Том I. Механика [Электронный ресурс] / Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. - Москва: Физматлит, 2012 - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922108195.html>

Гиргидов А.Д. Механика жидкости и газа (гидравлика) [Электронный ресурс] : Учебник: 2 / Гиргидов А.Д. - Москва: ООО 'Научно-издательский центр ИНФРА-М', 2018 - 704с. - URL: <http://znanium.com/go.php?id=926430>

Кудинов А. А. Горение органического топлива [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Кудинов А. А. : 1 - Москва: ООО 'Научно-издательский центр ИНФРА-М', 2015 - 390с. - URL: <http://znanium.com/go.php?id=441989>

Шлёнский О. Ф. Режимы горения материалов [Электронный ресурс] / Шлёнский О. Ф., Сиренко В. С., Егорова Е. А. - Машиностроение, 2011 - 220с. - URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2018

Темам Р. Математическое моделирование в механике сплошных сред : 3-е изд. [Электронный ресурс] / Темам Р., Миранвиль А. - Издательство 'Лаборатория знаний', 2017 - 323с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/94110>

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

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

Энергия мегалитов - http://energyvacuum.umi.ru/energiya_megalitov/

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Просмотрите конспект сразу после занятий. Пометьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю. Каждую неделю рекомендуется отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.
практические занятия	Практические занятия представляют особую форму сочетания теории и практики. Их назначение ? углубление проработки теоретического материала предмета путем регулярной и планомерной самостоятельной работы студентов на протяжении всего курса. Процесс подготовки к практическим занятиям включает изучение обязательной и дополнительной литературы по рассматриваемому вопросу. Непосредственное проведение практического занятия предполагает, например: - индивидуальные выступления студентов с сообщениями по какому-либо вопросу изучаемой темы; - фронтальное обсуждение рассматриваемой проблемы, обобщения и выводы; - решение задач и упражнений по образцу; - решение вариантов задач и упражнений; - выполнение контрольных работ; При подготовке к практическим занятиям студентам рекомендуется: внимательно ознакомиться с тематикой практического занятия; прочесть конспект лекции по теме, изучить рекомендованную литературу; составить краткий план ответа на каждый вопрос практического занятия; проверить свои знания, отвечая на вопросы для самопроверки; если встретятся незнакомые термины, обязательно обратиться к словарю и зафиксировать их в тетради. Все письменные задания выполнять в рабочей тетради. Практические занятия развивают у студентов навыки самостоятельной работы по решению конкретных задач.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов проводится с целью: - 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. Для достижения указанной цели студенты должны решать следующие задачи: - изучить рекомендуемые литературные источники; - изучить основные понятия и определения; - решить предложенные задачи; - ответить на контрольные вопросы.
письменная работа	Письменная работа выполняется по вариантам. На бланке указывается факультет, курс, группа, ФИО студента. Вопросы строятся на основе тестовых и ситуативных заданий. В тестовых заданиях, выбирается правильный(ые) ответ(ы). При решении ситуативных заданий выбирается правильная последовательность действий в рассматриваемой ситуации. Проверка контрольной работы позволяет выявить и исправить допущенные студентами ошибки, указать, какие вопросы дисциплины ими недостаточно усвоены и требуют доработки. Студент должен внимательно ознакомиться с письменными замечаниями преподавателя и приступить к их исправлению, для чего еще раз повторить соответствующий материал.
устный опрос	Подготовка к опросу проводится в ходе самостоятельной работы студентов и включает в себя повторение пройденного материала по вопросам предстоящего опроса. Помимо основного материала студент должен изучить дополнительную рекомендованную литературу и информацию по теме, в том числе с использованием Интернет-ресурсов. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 3 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации студентом своей самостоятельной работы. Опрос предполагает устный ответ студента на один основной и несколько дополнительных вопросов преподавателя. Ответ студента должен представлять собой развернутое, связанное, логически выстроенное сообщение. При выставлении оценки преподаватель учитывает правильность ответа по содержанию, его последовательность, самостоятельность суждений и выводов, умение связывать теоретические положения с практикой, в том числе и с будущей профессиональной деятельностью.

Вид работ	Методические рекомендации
письменное домашнее задание	<p>К выполнению письменных работ в рамках любого вида самостоятельной работы можно приступать только после изучения соответствующей темы (раздела, подраздела). При выполнении письменных работ в рамках самостоятельных работ необходимо соблюдать следующие общие требования:</p> <ul style="list-style-type: none"> -при написании конспекта, письменных ответов на вопросы, рефератов, эссеи т.п. текст не должен дословно повторять текст учебника (учебного пособия), Интернет-ресурса или инструкции; -текст необходимо писать грамотно, разборчиво, шрифтом 3 или 4; -графический материал оформлять в соответствии с ГОСТом. <p>При подготовке письменной работы целесообразно придерживаться следующей схемы изучения вопросов:</p> <p>уяснение (осмысление), с учетом полученных в Университете знаний, избранной темы письменной работы;</p> <p>подбор (поиск) необходимой научной, справочной, учебной литературы, статистических и социологических сведений, законодательных и иных нормативных правовых актов, а также иных источников;</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализ и систематизация собранных по теме работы материалов; - подготовка плана написания работы; - написание текста работы в объеме, определяемом видом работы
экзамен	<p>Студенты сдают зачеты (экзамены) в конце теоретического обучения. К зачету (экзамену) допускается студент, выполнивший в полном объеме задания, предусмотренные в рабочей программе. В случае пропуска каких-либо видов учебных занятий по уважительным или неуважительным причинам студент самостоятельно выполняет и сдает на проверку в письменном виде общие или индивидуальные задания, определяемые преподавателем.</p> <p>Зачет (экзамен) по теоретическому курсу проходит в устной или письменной форме (определяется преподавателем) на основе перечня вопросов, которые отражают содержание действующей рабочей программы учебной дисциплины.</p> <p>Студентам рекомендуется:</p> <ul style="list-style-type: none"> готовиться к зачету (экзамену) в группе (два-три человека); внимательно прочитать вопросы к зачету (экзамену); составить план ответа на каждый вопрос, выделив ключевые моменты материала; изучив несколько вопросов, обсудить их с однокурсниками. <p>Ответ должен быть аргументированным.</p> <p>Результаты сдачи зачетов оцениваются отметкой ?зачтено? или ?незачтено?. Результаты сдачи экзаменов оцениваются отметкой ?отлично?, ?хорошо?, ?удовлетворительно? или ?неудовлетворительно?.</p>

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

Освоение дисциплины "Колебания и волны в энергетических установках" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

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

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.

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

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.

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 16.03.01 "Техническая физика" и профилю подготовки не предусмотрено .