

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



*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Колебания и волны в энергетических установках

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: 2018

## 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) 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 ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), 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

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

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:

способностью 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 (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) 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 - 58 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 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	4
2.	Тема 2. Общие закономерности, описывающие колебания в трубах	7	4	7	0	9
3.	Тема 3. Резонансные колебания газа в закрытой трубе	7	6	7	0	9
4.	Тема 4. Резонансные колебания газа в трубе с открытым концом	7	6	7	0	9
5.	Тема 5. Вторичные течения и акустотермические эффекты при колебаниях газа в трубах	7	6	7	0	9
6.	Тема 6. Влияние турбулентности на резонансные колебания в трубах	7	6	7	0	9
7.	Тема 7. Влияние градиента температуры на резонансные колебания	7	6	7	0	9
	Итого		36	50	0	58

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### 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"

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 планируемым результатам 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)

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/)

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>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.</p>
практические занятия	<p>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 вариантных 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.</p>
самостоятельная работа	<p>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.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
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"> <li>готовиться к зачету (экзамену) в группе (два-три человека);</li> <li>внимательно прочитать вопросы к зачету (экзамену);</li> <li>составить план ответа на каждый вопрос, выделив ключевые моменты материала;</li> <li>изучив несколько вопросов, обсудить их с однокурсниками.</li> </ul> <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)**

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.

Компьютерный класс.

#### **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".

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.8 Колебания и волны в энергетических установках

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

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: 2018

**Основная литература:**

Арутюнов, В.А. Теплофизика, теплотехника, теплообмен. Механика жидкостей и газов. Лабораторный практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Арутюнов, В.А. Капитанов, И.А. Левицкий [и др.]. ? Электрон. дан. ? М. : МИСИС, 2007. ? 84 с. ? Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=1813](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=1813) ? Загл. с экрана.

Волков, К.Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа [Электронный ресурс] : / К.Н. Волков, В.Н. Емельянов. ? Электрон. дан. ? М. : Физматлит, 2012. ? 466 с. ? Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=59637](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59637) ? Загл. с экрана.

Ковалевский, М.Ю. Статистическая механика квантовых жидкостей и кристаллов [Электронный ресурс] : монография / М.Ю. Ковалевский, С.В. Пелетминский. ? Электрон. дан. ? М. : Физматлит, 2006. ? 369 с. ? Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=59429](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59429) ? Загл. с экрана.

Давыдова М. А. Лекции по гидродинамике: учеб. пособие - Москва: Физматлит, 2011 - 215с. - URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=5264](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5264)

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

**Дополнительная литература:**

Ландау Л. Д. и др. Теоретическая физика: : В 10 т. Гидродинамика - Москва: Физматлит, 2001 - 736с. - URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2232](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2232)

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

Кудинов А.А Горение органического топлива: Учебное пособие / Кудинов А.А. - М.:НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 390 с., ISBN 978-5-16-009439-7 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/441989>.

Шлёнский, О.Ф. Режимы горения материалов [Электронный ресурс] / О.Ф. Шлёнский, В.С. Сиренко, Е.А. Егорова. ? Электрон. дан. ? Москва : Машиностроение, 2011. ? 220 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2018>. ? Загл. с экрана.

Темам, Р. Математическое моделирование в механике сплошных сред [Электронный ресурс] : учебное пособие / Р. Темам, А. Миранвиль. ? Электрон. дан. ? Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2014. ? 319 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/50538>.

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.8 Колебания и волны в энергетических установках

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

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: 2018

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.