

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт искусственного интеллекта, робототехники и системной инженерии



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Е.А. Турилова

17 февраля 2023 г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Математические модели пульсационного горения

Направление подготовки: 16.04.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: Физика плазмы, теплотехника и водородная энергетика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

## Содержание

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

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. (доцент) Иовлева О.В. (кафедра физики перспективных технологий и материаловедения, Институт искусственного интеллекта, робототехники и системной инженерии), Olga.Beloded@kpfu.ru ; Ларионов Виктор Михайлович

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

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

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-6	способность осваивать и применять современные физико-математические методы и методы искусственного интеллекта для решения профессиональных задач, составлять практические рекомендации по использованию полученных результатов
ПК-4	готовность решать прикладные инженерно-технические и технико-экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

основные положения энергетического подходак исследованиям автоколебаний газа в энергетических установках с источниками теплоты и массы;

математические модели, описывающие влияние акустических колебаний газа на процесс тепловыделения при горении;

уравнения и соотношения, описывающие автоколебания газа в квазилинейном приближении, алгоритмы расчетов.

Должен уметь:

рассчитывать частоту колебаний газа, распределение пульсаций скорости и давления в типовых колебательных установках;

определять условия возбуждения, частоту и амплитуду установившихся колебаний газа при горении в типовых установках;

разрабатывать математическое обеспечение применительно к проектируемым энергоустановкам.

Должен владеть:

математическим аппаратом теории пульсационного горения;

аналитическими методами исследования автоколебаний газа в установках с горением;

навыками проведения расчетов применительно к проектируемым энергетическим установкам.

Должен демонстрировать способность и готовность:

проводить теоретические исследования влияния акустических колебаний газа на процесс горения;

выполнять физико-технические расчёты, направленные на модернизацию существующих и создание новых установок пульсационного горения;

находить пути устранения колебаний газа в случае необходимости.

основные положения энергетического подходак исследованиям автоколебаний газа в энергетических установках с источниками теплоты и массы;

математические модели, описывающие влияние акустических колебаний газа на процесс тепловыделения при горении;

уравнения и соотношения, описывающие автоколебания газа в квазилинейном приближении, алгоритмы расчетов.

рассчитывать частоту колебаний газа, распределение пульсаций скорости и давления в типовых колебательных установках;

определять условия возбуждения, частоту и амплитуду установившихся колебаний газа при горении в типовых установках;

разрабатывать математическое обеспечение применительно к проектируемым энергоустановкам.

математическим аппаратом теории пульсационного горения;  
аналитическими методами исследования автоколебаний газа в установках с горением;  
навыками проведения расчетов применительно к проектируемым энергетическим установкам.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.03.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 16.04.01 "Техническая физика (Физика плазмы, теплотехника и водородная энергетика)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

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

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

Контактная работа - 34 часа(ов), в том числе лекции - 16 часа(ов), практические занятия - 18 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 56 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 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	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лаборато- рные работы, всего	Лаборато- рные в эл. форме	
1.	Тема 1. Введение	3	1	0	2	0	0	0	4
2.	Тема 2. Линеаризация уравнений	3	2	0	2	0	0	0	6
3.	Тема 3. Характеристическое уравнение задачи устойчивости процесса горения.	3	2	0	2	0	0	0	6
4.	Тема 4. Передаточные функции пламени.	3	2	0	2	0	0	0	6
5.	Тема 5. Математические модели.	3	2	0	2	0	0	0	7
6.	Тема 6. Установка типа емкость-труба с многоканальной горелкой.	3	2	0	2	0	0	0	7
7.	Тема 7. Труба со стабилизатором пламени при горении однородной смеси.	3	2	0	2	0	0	0	7
8.	Тема 8. Пульсационное горение твердого топлива в трубе и у становке типа емкость-труба.	3	2	0	2	0	0	0	7
9.	Тема 9. Обобщенная теоретическая модель автоколебаний газа в установках с горением.	3	1	0	2	0	0	0	6
	Итого		16	0	18	0	0	0	56

### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

#### Тема 1. Введение

Дается понятие пульсационного (вибрационного) горения, как физического процесса. Проведен обзор существующих подходов к теоретическому исследованию возбуждения колебаний газа при горении. Самовозбуждение колебаний газа (автоколебательный процесс). Общий обзор типовых установок пульсационного горения.

### **Тема 2. Линеаризация уравнений**

Рассматриваются продольные колебания газа в канале с пределом температуры и скорости звука. Дается анализ потерь акустической энергии, вызванных трением газа о стенки и излучением звука. Описывающих течение газа при наличии теплового источника. Акустическая мощность процесса горения. Критерий Рэлея.

### **Тема 3. Характеристическое уравнение задачи устойчивости процесса горения.**

Энергетический метод. Уравнение границы неустойчивости, амплитуда установившихся колебаний газа.

Процесс регулирования может быть сходящимся (регулируемый параметр стремится к положению равновесия) или расходящимся (регулируемый параметр все время уходит от положения равновесия). Колебательные процессы могут быть затухающими (сходящимися), незатухающими (колебания с постоянной амплитудой) и расходящимися.

### **Тема 4. Передаточные функции пламени.**

Описание передаточные функции пламени при горении однородной смеси, истекающей из отверстия и при обтекании стабилизатора, при горении слоевом твердого топлива.

Изучение процесса генерации акустической энергии областью теплоподвода, разработка общего алгоритма проведения расчетов границ неустойчивости, частот и амплитуд установившихся колебаний газа в типовых установках с тепловыми источниками.

### **Тема 5. Математические модели.**

Построение математической модели автоколебаний газа в камерах сгорания энергетических установок (неравномерно нагретый резонатор Гельмгольца, труба Рийке, прямоточная камера сгорания, установка Зондхауса, поющее пламя Хиггинса, установка пульсационного горения твердого топлива). Рассмотрение в качестве примера трубы с многоканальной горелкой.

### **Тема 6. Установка типа емкость-труба с многоканальной горелкой.**

Построение математической модели установка типа емкость-труба с многоканальной горелкой. Энергетическим методом исследуется процесс возбуждения колебаний газа в камерах сгорания типа резонатора Гельмгольца и емкость-труба. Описываются физические механизмы пульсационного горения в указанных установках.

### **Тема 7. Труба со стабилизатором пламени при горении однородной смеси.**

Излагается суть энергетического подхода и комбинированного метода расчета условий возбуждения колебаний газа, их частоты и амплитуды.

Теоретическое и экспериментальное исследование продольных колебаний газа в трубе, установках типа емкость-труба, содержащих тепловые источники, с учетом влияния плохообтекаемых тел, продольного градиента средней температуры газа и распределения скорости звука.

### **Тема 8. Пульсационное горение твердого топлива в трубе и у установке типа емкость-труба.**

Исследуется пульсационное горение твердого топлива в открытой трубе и установке типа емкость-труба. Энергетическим методом разработаны математические модели автоколебаний газа при горении в рассмотренных установках.

Используется одинаковое топливо и один и тот же способ его сжигания, что позволит выяснить, какое влияние оказывают акустические свойства камеры сгорания на условия самовозбуждения, частоту и амплитуду колебаний

### **Тема 9. Обобщенная теоретическая модель автоколебаний газа в установках с горением.**

Дается обоснование выбора принципиальной схемы устройства, позволяющего разработать обобщенную модель пульсационного горения. Доказывается, что соотношения, описывающие пульсационное горение в типовых установках, являются частными случаями созданной модели.

дается обзор теоретических и экспериментальных работ по изучению явления самовозбуждения акустических колебаний газа в энергетических установках с источниками теплоты и массы.

## **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 науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

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

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

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

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

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

АВТОКОЛЕБАНИЯ ГАЗА - <http://www.energyland.info/files/library/2614553cd3d06354aa22d34db898470d>

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ - <http://gisap.eu/node/13247>

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И МАТЕМАТИЧЕС - [http://elib.altstu.ru/elib/books/Files/pv2010\\_01/pdf/060salomatov.pdf](http://elib.altstu.ru/elib/books/Files/pv2010_01/pdf/060salomatov.pdf)

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



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

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа студентов - планируемая учебная, учебно- исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия или при частичном участии преподавателя, оставляющим ведущую роль в работе студентам.</p> <p>Количество часов на самостоятельную работу студента по дисциплине устанавливается учебным планом и рабочей программой учебной дисциплины. В рабочей программе указываются виды планируемой самостоятельной работы студента, их содержание, трудоемкость выполнения, методы контроля и перечень рекомендуемой учебной и учебно-методической литературы.</p> <p>Самостоятельная работа студентов проводится с целью:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений;</li> <li>- углубления и расширения теоретических знаний;</li> <li>- формирования умений использовать справочную литературу;</li> <li>- развития познавательных и творческих способностей студентов;</li> <li>- формирования самостоятельности мышления;</li> <li>- развития исследовательских умений.</li> </ul> <p>Для достижения указанной цели студенты должны решать следующие задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучить рекомендуемые литературные источники;</li> <li>- изучить основные понятия и определения;</li> <li>- решить предложенные задачи;</li> <li>- ответить на контрольные вопросы.</li> </ul> <p>В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- аудиторная (самостоятельная работа на учебных занятиях под руководством преподавателя);</li> <li>- внеаудиторная ( самостоятельная работа по заданию преподавателя, но без его участия).</li> </ul>
экзамен	<p>Студенты сдают экзамены в конце теоретического обучения. К 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. экзамен по теоретическому курсу проходит в устной или письменной форме (определяется преподавателем) на основе перечня вопросов, которые отражают содержание действующей рабочей программы учебной дисциплины. Студентам рекомендуется: готовиться к экзамену в группе (два-три человека); внимательно прочитать вопросы к экзамену; составить план ответа на каждый вопрос, выделив ключевые моменты материала; изучив несколько вопросов, обсудить их с однокурсниками. Ответ должен быть аргументированным. 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.

Специализированная лаборатория.



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

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

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 16.04.01 "Техническая физика" и магистерской программе "Физика плазмы, теплотехника и водородная энергетика".

*Приложение 2*  
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*  
*Б1.В.ДВ.03.01 Математические модели пульсационного горения*

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

Направление подготовки: 16.04.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: Физика плазмы, теплотехника и водородная энергетика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

**Основная литература:**

1. Девисилов В.А. Теория горения и взрыва [Электронный ресурс]: Учебник: 1 / Девисилов В.А. , Дроздова Т. И. - Москва: ООО 'Научно-издательский центр ИНФРА-М', 2017 - 262с. - URL: <http://znanium.com/go.php?id=701725>
2. Матерова С.И. Химия процессов горения [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Матерова С.И. - 63с. - URL: <http://znanium.com/go.php?id=912817>
3. Ларионов В. М. Математические модели пульсационного горения [Электронный ресурс]: конспект лекций / Ларионов В. М. , Иовлева О. В. - 2015 - URL: [http://libweb.kpfu.ru/ebooks/06-IPh/06\\_113\\_kl-000835.pdf](http://libweb.kpfu.ru/ebooks/06-IPh/06_113_kl-000835.pdf)

**Дополнительная литература:**

1. Девисилов В.А. и др. Теория горения и взрыва: Учебник: 1 - Москва: ООО 'Научно-издательский центр ИНФРА-М', 2018 - 262с. - URL: <http://znanium.com/go.php?id=970033>
2. Брюханов О. Н. и др. Газифицированные котельные агрегаты: Учебник: 1 - Москва: ООО 'Научно-издательский центр ИНФРА-М', 2017 - 392с. - URL: <http://znanium.com/go.php?id=754434>

*Приложение 3*  
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*  
*Б1.В.ДВ.03.01 Математические модели пульсационного горения*

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

Направление подготовки: 16.04.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: Физика плазмы, теплотехника и водородная энергетика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

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.