

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

Е.А. Турилова

17 февраля 2023 г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Устойчивость процессов горения в энергетических установках

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 технической физики и энергетики, Инженерный институт), 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-1	способность к профессиональной эксплуатации современного научного и технологического оборудования и приборов (в соответствии с целями ОПОП магистратуры)
ПК-3	способность разрабатывать, проводить наладку и испытания и эксплуатировать наукоемкое технологическое и аналитическое оборудование

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

основы общей теории устойчивости;  
 физические механизмы, приводящие к акустической неустойчивости процессов горения;  
 научно апробированные способы обеспечения устойчивости процесса горения в промышленных камерах сгорания.

Должен уметь:

определять причины возбуждения колебаний газа в установках с горением;  
 оценивать вероятность появления акустической неустойчивости в модернизируемых и проектируемых камерах сгорания;  
 моделировать и планировать эксперименты по исследованию пульсационного горения.

Должен владеть:

аппаратом общей теории устойчивости;  
 энергетическим подходом к оценке вероятности появления акустической неустойчивости горения;  
 методами, позволяющими устранять колебания газа в промышленных камерах сгорания.

Должен демонстрировать способность и готовность:

определять причины возбуждения колебаний газа в установках с горением;  
 оценивать вероятность появления акустической неустойчивости в модернизируемых и проектируемых камерах сгорания;  
 моделировать и планировать эксперименты по исследованию пульсационного горения.

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.06.01 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 1 курсе в 2 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 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 30 часа(ов), в том числе лекции - 14 часа(ов), практические занятия - 16 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 42 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет во 2 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-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Общая характеристика неустойчивости горения.	2	1	0	0	0	0	0	4
2.	Тема 2. Применение пульсирующего горения на практике.	2	1	0	2	0	0	0	4
3.	Тема 3. Основы общей теории устойчивости	2	1	0	0	0	0	0	4
4.	Тема 4. Критерии устойчивости.	2	2	0	4	0	0	0	4
5.	Тема 5. Физические основы автоколебаний в энергетических установках.	2	2	0	0	0	0	0	4
6.	Тема 6. Механизмы обратной связи автоколебаний.	2	2	0	2	0	0	0	4
7.	Тема 7. Энергетический подход в неустойчивости горения.	2	2	0	2	0	0	0	6
8.	Тема 8. Физические механизмы и условия возбуждения колебаний газа в камерах сгорания промышленных энергетических установок.	2	1	0	2	0	0	0	4
9.	Тема 9. Автоколебания газа при горении в трубе.	2	1	0	2	0	0	0	4
10.	Тема 10. Пульсационное горение камерах сгорания реактивных двигателей.	2	1	0	2	0	0	0	4
	Итого		14	0	16	0	0	0	42

**4.2 Содержание дисциплины (модуля)**

**Тема 1. Общая характеристика неустойчивости горения.**

Общая характеристика явления акустической неустойчивости процесса горения. Исторический обзор. Проблема возбуждения колебаний газа в камерах сгорания ракетных и авиационных двигателей.

Основные факторы, влияющие на устойчивость горения, - скорости истечения газовой смеси и распространения пламени. При горении газовой смеси в ламинарном потоке устойчивой частью конусного фронта пламени является его нижняя часть. В этом месте фронт пламени за счет расширения вытекающей в атмосферу газовой смеси и тормозящего действия стенки канала развернут на горизонталь и приподнят над кромкой канала на толщину фронта пламени

**Тема 2. Применение пульсирующего горения на практике.**

Применение пульсационного режима горения на практике. Интенсификация процессов горения и теплообмена. Утилизация промышленных и бытовых отходов.

**АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГОРЕНИЯ ПО ЛИТАТУРНЫМ ИСТОЧНИКАМ**

Принципиальные отличия процессов пульсирующего горения от стационарных процессов горения и анализ их теплотехнических характеристик

Возможные конструкции АПГ и освоенные области их применения.

Состояние вопроса по расчету параметров рабочего процесса и проектированию аппаратов пульсирующего горения.

### **Тема 3. Основы общей теории устойчивости**

Основы общей теории устойчивости, понятия и определения.

Общая теория устойчивости строится с помощью функций и  $(x)$ , для которых семейства  $v - / C / 7$  вообще говоря, не являются окружностями. В честь ученого-основоположника теории устойчивости (1892 г.) такие функции названы функциями Ляпунова.

D-разбиение по одному параметру

Структурная устойчивость. Редукция к задаче об устойчивости нулевого решения. Устойчивость линейных систем. Устойчивость по первому приближению. Функции Ляпунова.

### **Тема 4. Критерии устойчивости.**

Прямой метод анализа устойчивости систем, основанный на вычислении корней характеристического уравнения, связан с необходимостью определения корней. Вычисление корней для характеристических уравнений 1-й и 2-й степени достаточно просто. Существуют общие выражения для корней уравнений 3-й и 4-й степени, но эти выражения громоздки и практически малоприменимы. Для уравнений более высоких степеней вообще невозможно написать выражения для определения корней. Поэтому важное значение для определения устойчивости системы приобретают правила, которые позволяют определить устойчивость системы без определения корней. Эти правила называют критериями устойчивости. С помощью критериев устойчивости можно не только установить, устойчива или нет система, но и выяснить, как влияют на устойчивость те или иные параметры и структурные изменения в системе. Различают две группы критериев устойчивости: алгебраические (Рауса и Гурвица), основанные на анализе коэффициентов характеристического уравнения, и частотные (Михайлова, Найквиста), основанные на анализе частотных характеристик.

Частотные критерии позволяют оценивать устойчивость системы, даже если имеются в наличии экспериментальные частотные характеристики, а уравнение динамики неизвестно.

### **Тема 5. Физические основы автоколебаний в энергетических установках.**

Принципиальная схема. Энергетический критерий термоакустической неустойчивости.

Автоколебания газа в энергетических установках с источниками теплоты и массы.

Общая характеристика вибрационного (пульсационного) горения

Методы теоретического исследования термоакустических колебаний газа.

Вибрационное горение в трубе с многоканальной горелкой на входе и открытой на выходе.

### **Тема 6. Механизмы обратной связи автоколебаний.**

Механизмы обратной связи автоколебаний с мягким (ежм самовозбуждения, при котором после включения источника питания колебания плавно нарастают, называется мягким самовозбуждением, если же для возбуждения колебаний требуется какое-либо дополнительное воздействие, то такой режим называется жестким) и жестким (для жесткого режима характерным является то, что малые колебания на входе транзистора не могут вызвать самовозбуждения автогенератора; самовозбуждение возможно только при большой начальной амплитуде напряжения) режимом возбуждения.

### **Тема 7. Энергетический подход в неустойчивости горения.**

Энергетический подход. Акустическая мощность области теплоподвода. Критерий Рэлея. Характеристическое уравнение задачи исследования. Комбинированный метод расчета условий самовозбуждения, частоты и амплитуды

1. Используется квазилинейный подход.
2. Решение задачи основывается на энергетическом методе.
3. Потери на стенках термоакустического устройства - линейные, излучение звука имеет нелинейный характер, другие механизмы поглощения акустической энергии не учитываются.
4. Частоты колебаний определяются из мнимой части характеристического уравнения, полученного в линейном приближении.
5. С момента самовозбуждения звука и до режима установившихся колебаний действует один и тот же механизм обратной связи.

### **Тема 8. Физические механизмы и условия возбуждения колебаний газа в камерах сгорания промышленных энергетических установок.**

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПУЛЬСАЦИОННОГО ГОРЕНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА**

Установки пульсационного горения твердого топлива, их практическое приложение.

Условия и механизмы возбуждения колебаний газа при слоевом горении твердого топлива.

Теоретические модели пульсационного горения твердого топлива.

### **Тема 9. Автоколебания газа при горении в трубе.**

Автоколебания газа при горении в трубе, резонаторе Гельмгольца и установке типа емкость-труба. Приложение к промышленным установкам, использующим газообразное, жидкое и твердое топливо.

Уравнение частот колебаний газа с продольным градиентом температуры в открытой трубе.

Определение средней температуры в зоне горения, распределение скорости звука в горячем газе.

Уравнение частот колебаний газа в установке типа емкость-труба.:

Вынужденные резонансные колебания газа, имеющего продольный градиент температуры, в трубе.

#### **Тема 10. Пульсационное горение камерах сгорания реактивных двигателей.**

Пульсационное горение в моделях камер сгорания ракетных и авиационных двигателей.

Анализ рабочего процесса ПуВРД и методов его математического моделирования.

Анализ существующих подходов к математическому моделированию рабочего процесса ПуВРД. Преимущества, недостатки, условия применимости.

Анализ конструкций ПуВРД с аэродинамическим клапаном.

#### **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 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)

Бобылев, Юрий Владимирович. Нелинейные явления - [http://z3950.ksu.ru/bcover/0000664491\\_con.pdf](http://z3950.ksu.ru/bcover/0000664491_con.pdf)

Лекции о теплотехнике - <http://stringer46.narod.ru/BurningOfGas.htm>

Принципы создания устойчивого процесса сжигания газа в топливнике - <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-4/14.htm>

Теория горения - <http://www.nizrp.narod.ru/toplivoiteor2.pdf>

Устойчивость горения взрывчатых веществ - [http://www.libma.ru/tehnicheskie\\_nauki/vzryv/p5.php](http://www.libma.ru/tehnicheskie_nauki/vzryv/p5.php)

### 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 нормативных документов, обязательной и дополнительной литературы по рассматриваемому вопросу. -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; -решение ситуационных производственных (профессиональных) задач; -выполнение контрольных работ; -работу с тестами. 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; - 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.

Вид работ	Методические рекомендации
зачет	Студенты сдают зачеты в конце теоретического обучения. К зачету 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. Зачет 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 зачету в группе (два-три человека); - внимательно прочитать вопросик зачету; - составить план ответа на каждый вопрос, выделив ключевые моменты материала; - изучив несколько вопросов, обсудить их с однокурсниками. Ответ должен быть аргументированным. Результаты сдачи зачетов оцениваются отметкой ?зачтено? или ?незачтено?.

**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.06.01 Устойчивость процессов горения в энергетических  
установках*

**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. Ларионов В. М. и др. 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)
2. Макаров А. Н. Теплообмен в электродуговых и факельных металлургических печах и энергетических установках [Электронный ресурс]: 1-е изд. / Макаров А. Н. - Лань, 2014 - 384с. - URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=50681](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=50681)
3. Арбузова Е.В. Энергетические установки на базе нетрадиционных и возобновляемых источников энергии [Электронный ресурс]: Методические рекомендации: 2 / Арбузова Е.В. , Немихин Ю.Е. - Москва: Издательство 'Флинта', 2018 - 58с. - URL: <http://znanium.com/go.php?id=965368>

**Дополнительная литература:**

1. Коморовский В.С. Модели организации и управления при борьбе с лесными пожарами [Электронный ресурс]: Монография / Коморовский В.С. - Москва: ООО 'Научно-издательский центр ИНФРА-М', 2012 - 120с. - URL: <http://znanium.com/go.php?id=315322>
2. Киринов Б.Ф. Защита в чрезвычайных ситуациях [Электронный ресурс]: / Киринов Б.Ф., Каледина Н.О., Слепцов В.И. - Москва: Горная книга, 2004 - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5741803024.html>

*Приложение 3*  
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*  
*Б1.В.ДВ.06.01 Устойчивость процессов горения в энергетических*  
*установках*

**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.