

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.

  
КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ДЕПАРТАМЕНТ  
ОБРАЗОВАНИЯ  
(ДО КФУ)

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

**Программа дисциплины**  
**Физика горения Б1.В.ДВ.6**

Направление подготовки: 16.03.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Ларионов В.М.

**Рецензент(ы):**

Зарипов Р.Г.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Кашапов Н. Ф.

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

Учебно-методическая комиссия Инженерного института:

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

Регистрационный No 69117

Казань  
2017

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

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

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины Б1.В.ДВ.6 "Физика горения": понимание физико-химических процессов, приводящих к явлению горения; формирование у студентов знаний и навыков, относящихся к законам и методам физики горения.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.6 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 16.03.01 Техническая физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Дисциплина Б3.ДВ1 "Физика горения" входит в профессиональный цикл Б3 подготовки бакалавров по направлению 223200 "Техническая физика" и является обязательной для изучения студентами по профилю "Теплофизика".

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью к теоретическим и экспериментальным исследованиям в избранной области технической физики, готовностью учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности
ОПК-8 (профессиональные компетенции)	способностью самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней
ПК-14 (профессиональные компетенции)	способностью разрабатывать функциональные и структурные схемы элементов и узлов экспериментальных и промышленных установок, проекты изделий с учетом технологических, экономических и эстетических параметров
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способностью использовать технические средства для определения основных параметров технологического процесса, изучения свойств физико-технических объектов, изделий и материалов

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

физические основы процессов интегрированных в процессе горения;  
уравнения теории горения и методы их решения;  
принципы работы и устройство современных измерительных средств для исследования ламинарных и турбулентных пламен;  
принципы организации процесса горения в промышленных энергоустановках.

2. должен уметь:

применять методы теории горения к решению практических задач;

выполнять расчеты, связанные с проектированием новых и модернизации имеющихся промышленных камер сгорания;

использовать современные образовательные и информационные технологии для приобретения новых знаний в области теории и практики горения.

3. должен владеть:

математическим аппаратом теории горения;

навыками проведения расчетов процесса горения с заданными параметрами;

навыками работы с современной измерительной аппаратурой.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

проводить теоретические и экспериментальные исследования процессов горения, направленные на решение задач энерго- и ресурсосбережения;

выполнять физико-технические расчеты с целью создания новых и модернизации существующих энергоустановок;

оценивать инновационный потенциал результатов работы.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных(ые) единиц(ы) 252 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 7 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение	7	1-3	6	0	0	Письменная работа
3.	Тема 3. Горение газов и паров	7	4-6	6	3	15	Отчет
7.	Тема 7. Ламинарное пламя предварительно подготовленной смеси, истекающей из отверстия, структура и условия стабилизации.	7	7-9	6	3	15	Отчет

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
11.	Тема 11. Турбулентное пламя, его структура при горении предварительно подготовленной смеси, истекающей из отверстия.	7	10-12	6	4	15	Отчет
15.	Тема 15. Газодинамика горения	7	13-15	6	4	15	Отчет
19.	Тема 19. Горение жидких и твердых веществ	7	16-18	6	4	16	Письменная работа Отчет
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Экзамен
	Итого			36	18	76	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Введение

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

Понятие процесса горения. Некоторые положения химической кинетики: скорость химических реакций, константа скорости реакции, закон Аррениуса, теплота реакции, цепные реакции. Самовоспламенение и взрыв, как результат самоускоряющихся реакций, адиабатический тепловой взрыв, теория Н.Н.Семенова, стационарная теория теплового взрыва, вынужденное воспламенение.

### Тема 3. Горение газов и паров

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

Определение стехиометрического числа, концентрации топлива, коэффициента избытка воздуха. Распространение процесса горения, фронт пламени, нормальная скорость распространения пламени, основы теории нормального распространения пламени. Адиабатическое плоское пламя. Методы измерения нормальной скорости распространения пламени, опытные данные о влиянии состава, температуры и давления смеси.

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

Расчет стехиометрического числа горения водорода, углекислого газа, пропана.

#### **лабораторная работа (15 часа(ов)):**

Измерение нормальной скорости распространения пламени пропано-воздушной смеси методом горелки Бунзена

### Тема 7. Ламинарное пламя предварительно подготовленной смеси, истекающей из отверстия, структура и условия стабилизации.

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

Математические модели ламинарного пламени предварительно подготовленной смеси, истекающей из круглого отверстия. Вывод формул, определяющих адиабатическую и с учетом тепловых потерь температуру горения смесей газообразных топлив с воздухом.

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

Выполнить приближенный расчет положения ламинарного фронта пламени пропано-воздушной смеси, истекающей из круглого отверстия

**лабораторная работа (15 часа(ов)):**

Экспериментальное определение границы срыва и проскока ламинарного пламени в зависимости от скорости истечения горючей смеси из горелки.

**Тема 11. Турбулентное пламя, его структура при горении предварительно подготовленной смеси, истекающей из отверстия.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Механизмы турбулентного горения. Методы измерения и расчетные формулы для скорости турбулентного горения, анализ имеющихся экспериментальных данных для основных углеводородных топлив. Диффузионное горение, принципиальное отличие от горения предварительно подготовленной смеси. Различные схемы организации процесса горения. Обоснование положения о том, что диффузионное горение происходит вблизи стехиометрической поверхности.

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

Расчитать скорость турбулентного горения пропано-воздушной смеси для пяти-семи значений концентраций топлива смеси.

**лабораторная работа (15 часа(ов)):**

Экспериментальное определение условий перехода от ламинарного к турбулентному режиму горения.

**Тема 15. Газодинамика горения**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Пламя как поверхность газодинамического разрыва. Искривление линий тока при пересечении наклонного фронта пламени. Стабилизация пламени в потоках с высокой скоростью при помощи плохообтекаемых тел. Упрощенная математическая модель пламени за удерживающей точкой в трубе. Математическая модель горения за удерживающей точкой в трубе с учетом неравномерности течения продуктов сгорания Ускорение фронта пламени, распространяющегося в трубе. Образование волн сжатия, переход к детонационному горению.

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

расчет верхнего предельного значения скорости потока, соответствующего стабильному горению

**лабораторная работа (15 часа(ов)):**

Экспериментальное определение пределов стабилизации турбулентного пламени за плохо обтекаемыми телами

**Тема 19. Горение жидких и твердых веществ**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Основные стадии процесса горения жидкой частицы с учетом подготовительных процессов. Время жизни капли. Основы теории диффузионного горения капли. Особенности горения твердых топлив, пиролиз, горение летучих компонентов, горение углерода. Физические механизмы и основы теории горения углеродной частицы. Слоевое горение твердого топлива, схемы организации и физические модели процесса горения.

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

термодинамический расчет удельной теплоты сгорания древесины и этилового спирта.

**лабораторная работа (16 часа(ов)):**

Измерение удельной теплоты сгорания образцов твердого или жидкого топлива методом калориметрической бомбы.

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

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1	Тема 1. Введение	7	1-3	подготовка к		

письменной работе

работа



№	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. Горение газов и паров	7	4-6	подготовка к отчету	11	отчет
7.	Тема 7. Ламинарное пламя предварительно подготовленной смеси, истекающей из отверстия, структура и условия стабилизации.	7	7-9	подготовка к отчету	11	отчет
11.	Тема 11. Турбулентное пламя, его структура при горении предварительно подготовленной смеси, истекающей из отверстия.	7	10-12	подготовка к отчету	11	отчет
15.	Тема 15. Газодинамика горения	7	13-15	подготовка к отчету	11	отчет
19.	Тема 19. Горение жидких и твердых веществ	7	16-18	подготовка к отчету	8	отчет
				подготовка к письменной работе	4	письменная работа
Итого					68	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются следующие формы учебной работы: лекции, лабораторные и семинарские занятия, самостоятельная работа студента (выполнение индивидуальных домашних заданий), консультации.

Лекционные занятия дополняются лабораторными работами, что позволяет студентам пронаблюдать и проанализировать изучаемые явления. Лекционные занятия проводятся с использованием мультимедийного комплекса, также позволяющего наглядно получать студентам всю необходимую информацию. Материалы курса лекций, список контрольных вопросов, задания для практических занятий и самостоятельной работы, а также методические материалы в форме ЭОР размещены в интернете на сайте Института Физики. Консультации проводятся в обозначенное в расписании время и в режиме "online".

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

#### Тема 1. Введение

письменная работа, примерные вопросы:

Изучить и усвоить основные положения теории стационарного адиабатического взрыва.

#### Тема 3. Горение газов и паров

отчет , примерные вопросы:

Провести измерения для пяти-семи концентраций топлива в смеси, обработать данные, оформить в виде отчета и сдать преподавателю.

**Тема 7. Ламинарное пламя предварительно подготовленной смеси, истекающей из отверстия, структура и условия стабилизации.**

отчет , примерные вопросы:

Провести измерения для пяти-семи скоростей истечения горючей смеси из горелки, обработать данные, оформить в виде отчета и сдать преподавателю.

**Тема 11. Турбулентное пламя, его структура при горении предварительно подготовленной смеси, истекающей из отверстия.**

отчет , примерные вопросы:

Провести измерения параметров для перехода от ламинарного к турбулентному режиму горения, обработать данные, оформить в виде отчета и сдать преподавателю.

**Тема 15. Газодинамика горения**

отчет , примерные вопросы:

Провести измерения пределов стабилизации пламени за плохообтекаемыми телами, обработать данные, оформить в виде отчета и сдать преподавателю.

**Тема 19. Горение жидких и твердых веществ**

отчет , примерные вопросы:

Провести измерения удельной теплоты сгорания пяти-семи образцов топлива, обработать данные, оформить в виде отчета и сдать преподавателю.

письменная работа , примерные вопросы:

Изучить и усвоить основные положения теории горения жидкого и твердого веществ.

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

- 1.Исторический обзор исследований в данной области, современное состояние вопроса.
- 2.Основные понятия термодинамической системы. Первый закон термодинамики в приложении к процессам горения.
- 3.Основные понятия термодинамической системы. Второй закон термодинамики в приложении к процессам горения. Закон Гесса.
- 4.Основы химической кинетики. Скорость химической реакции. Обратимость химической реакции.
- 5.Обратимость химической реакции. Закон действующих масс. Константа равновесия. Диссоциация продуктов горения.
- 6.Понятие о цепных реакциях. Разветвленные и неразветвленные реакции.
- 7.Тепловое воспламенение. Влияние температуры и давления на условия самовоспламенения.
- 8.Горение. Общие представления о физической картине процесса (стационарное и нестационарное горение, гомогенное и гетерогенное горение).
- 9.Ламинарное горение, нормальная скорость распространения пламени, тепловая теория распространения ламинарного пламени.
- 10.Зависимость скорости горения углеводородов от физико-химических свойств топлива.
- 11.....



Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен студентам. Электронная библиотечная система "Консультант студента" предоставляет полнотекстовый доступ к современной учебной литературе по основным дисциплинам, изучаемым в медицинских вузах (представлены издания как чисто медицинского профиля, так и по естественным, точным и общественным наукам). ЭБС предоставляет вузу наиболее полные комплекты необходимой литературы в соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов с соблюдением авторских и смежных прав.

Программа составлена в соответствии с ФГОС ВПО и с учетом рекомендаций рекомендаций ПрООП ВПО по направлению подготовки "Техническая физика" и профилю "Теплофизика".

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

Автор(ы):

Ларионов В.М. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Зарипов Р.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.