

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



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Минзарипов Р.Г.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**  
Ударные волны и детонация М2.ДВ.3

Направление подготовки: 223200.68 - Техническая физика

Профиль подготовки:

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Иовлева О.В.

**Рецензент(ы):**

Ларионов В.М.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Кашапов Н. Ф.

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

Учебно-методическая комиссия Института физики:

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

Регистрационный No

Казань  
2014

## 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) ассистент, к.н. Иовлева О.В. Кафедра технической физики и энергетики Отделение физики, Olga.Beloded@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

формирование у обучающихся знаний и навыков по методам решения задач и физических механизмов ударных волн и детонации.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "М2.ДВ.3 Профессиональный" основной образовательной программы 223200.68 Техническая физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Дисциплины М2.ДВ3 "Ударные волны и детонация" входит в вариативную часть профессионального цикла подготовки магистров по направлению 223200 "Техническая физика" и является обязательным для изучения студентами по профили "Теплофизика".

Курс опирается на знания по курсам: "Механика жидкости и газа и плазмы", "Физика горения".

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-12 (профессиональные компетенции)	готовность решать прикладные инженерно-технические и технико-экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность демонстрировать и использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук, в том числе и те, которые находятся на передовом рубеже технической физики
ПК-21 (профессиональные компетенции)	готовность и способность применять физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основы физических процессов, приводящих к возбуждению ударных волн и детонации; уравнения термоакустики и методы их решения.

1. должен знать:

основы физических процессов, приводящих к возбуждению ударных волн и детонации; уравнения термоакустики и методы их решения.

2. должен уметь:

выполнять расчеты ударных волн;

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

3. должен владеть:

Математическим аппаратом теории ударных волн и детонации;  
 Навыками проведения расчетов параметров ударных волн с заданными параметрами.

Математическим аппаратом теории ударных волн и детонации;  
 Навыками проведения расчетов параметров ударных волн с заданными параметрами.

основы физических процессов, приводящих к возбуждению ударных волн и детонации;  
 уравнения термоакустики и методы их решения.

выполнять расчеты ударных волн;  
 -использовать современные образовательные и информационные технологии для приобретения новых знаний в области теории и практики горения.

Проводить теоретическое исследование ударных волн и детонации в трубах и различных энергоустановках;

Выполнять физико-технические расчеты параметров ударных волн в промышленных энергетических установках.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 3 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	3	1	2	0	0	
2.	Тема 2. Основы теории движения сжимаемого газа	3	2	2	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Основы теории движения сжимаемого газа Распространение возмущений в потоке сжимаемого газа. Стационарный поток сжимаемого газа.	3	3	0	4	0	
4.	Тема 4. Основы теории движения сжимаемого газа Решение задач	3	4	0	0	0	контрольная работа
5.	Тема 5. Ударные волны малой интенсивности	3	5	2	0	0	
6.	Тема 6. Ударные волны малой интенсивности Образование слабых ударных волн, соотношение, определяющее ее параметры.	3	6	0	6	0	
7.	Тема 7. Ударные волны малой интенсивности Решение задач	3	7	0	0	0	контрольная работа
8.	Тема 8. Распространение ударной волны в трубе	3	8	2	0	0	
9.	Тема 9. Распространение ударной волны в трубе Ширина ударных волн. Изотермический скачок. Слабые разрывы.	3	9	0	6	0	
10.	Тема 10. Распространение ударной волны в трубе Слабые разрывы	3	10	0	0	0	контрольная работа
11.	Тема 11. Понятие детонации и детонационной волны	3	11	2	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
12.	Тема 12. Понятие детонации и детонационной волны Взаимодействие ударных волн с фронтом пламени, образование детонационной волны.	3	12	0	4	0	
13.	Тема 13. Понятие детонации и детонационной волны Решение задач	3	13	0	0	0	контрольная работа
14.	Тема 14. Распространение детонационной волны в сплошной среде	3	14	2	0	0	
15.	Тема 15. Распространение детонационной волны в сплошной среде Использование детонационного режима горения в тепловых двигателях и энергоустановках.	3	15	0	4	0	
16.	Тема 16. Распространение детонационной волны в сплошной среде Решение задач	3	16	0	0	0	контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	зачет
	Итого			12	24	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Введение

###### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Понятие ударной волны, причины ее образования и общая характеристика

##### Тема 2. Основы теории движения сжимаемого газа

###### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Распространение возмущений в потоке сжимаемого газа. Стационарный поток сжимаемого газа. Поверхности разрыва. Ударная адиабата.

##### Тема 3. Основы теории движения сжимаемого газа Распространение возмущений в потоке сжимаемого газа. Стационарный поток сжимаемого газа.

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

##### Тема 4. Основы теории движения сжимаемого газа Решение задач

##### Тема 5. Ударные волны малой интенсивности

###### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Образование слабых ударных волн, соотношение, определяющее ее параметры. Направление изменения величин в ударной волне. Эволюционность ударных волн. Ударные волны в политропном газе. Гофрировочная неустойчивость ударных волн.

**Тема 6. Ударные волны малой интенсивности Образование слабых ударных волн, соотношение, определяющее ее параметры.**

*практическое занятие (6 часа(ов)):*

**Тема 7. Ударные волны малой интенсивности Решение задач**

**Тема 8. Распространение ударной волны в трубе**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Косая ударная волна. Ширина ударных волн. Ударные волны в релаксирующей среде. Изотермический скачок. Слабые разрывы.

**Тема 9. Распространение ударной волны в трубе Ширина ударных волн. Изотермический скачок. Слабые разрывы.**

*практическое занятие (6 часа(ов)):*

**Тема 10. Распространение ударной волны в трубе Слабые разрывы**

**Тема 11. Понятие детонации и детонационной волны**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Процесс горения как источник слабых ударных волн. Взаимодействие ударных волн с фронтом пламени, образование детонационной волны. Структура детонационной волны и соотношение, определяющее ее параметры.

**Тема 12. Понятие детонации и детонационной волны Взаимодействие ударных волн с фронтом пламени, образование детонационной волны.**

*практическое занятие (4 часа(ов)):*

**Тема 13. Понятие детонации и детонационной волны Решение задач**

**Тема 14. Распространение детонационной волны в сплошной среде**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Распространение пламени на начальном участке трубы. Физические механизмы ускорения пламени и переход к детонационному горению. Использование детонационного режима горения в тепловых двигателях и энергоустановках.

**Тема 15. Распространение детонационной волны в сплошной среде Использование детонационного режима горения в тепловых двигателях и энергоустановках.**

*практическое занятие (4 часа(ов)):*

**Тема 16. Распространение детонационной волны в сплошной среде Решение задач**

#### 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
4.	Тема 4. Основы теории движения сжимаемого газа Решение задач	3	4	подготовка к контрольной работе	6	контрольная работа
7.	Тема 7. Ударные волны малой интенсивности Решение задач	3	7	подготовка к контрольной работе	8	контрольная работа

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
10.	Тема 10. Распространение ударной волны в трубе Слабые разрывы	3	10	подготовка к контрольной работе	8	контрольная работа
13.	Тема 13. Понятие детонации и детонационной волны Решение задач	3	13	подготовка к контрольной работе	8	контрольная работа
16.	Тема 16. Распространение детонационной волны в сплошной среде Решение задач	3	16	подготовка к контрольной работе	6	контрольная работа
	Итого				36	

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

интерактивная доска, проектор, компьютер

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

#### Тема 1. Введение

#### Тема 2. Основы теории движения сжимаемого газа

#### Тема 3. Основы теории движения сжимаемого газа Распространение возмущений в потоке сжимаемого газа. Стационарный поток сжимаемого газа.

#### Тема 4. Основы теории движения сжимаемого газа Решение задач

контрольная работа , примерные вопросы:

Распространение возмущений в потоке сжимаемого газа. Стационарный поток сжимаемого газа. Поверхности разрыва. Ударная адиабата.

#### Тема 5. Ударные волны малой интенсивности

#### Тема 6. Ударные волны малой интенсивности Образование слабых ударных волн, соотношение, определяющее ее параметры.

#### Тема 7. Ударные волны малой интенсивности Решение задач

контрольная работа , примерные вопросы:

Образование слабых ударных волн, соотношение, определяющее ее параметры. Направление изменения величин в ударной волне. Эволюционность ударных волн. Ударные волны в политропном газе. Гофрировочная неустойчивость ударных волн.

#### Тема 8. Распространение ударной волны в трубе

#### Тема 9. Распространение ударной волны в трубе Ширина ударных волн. Изотермический скачок. Слабые разрывы.

#### Тема 10. Распространение ударной волны в трубе Слабые разрывы

контрольная работа , примерные вопросы:

Косая ударная волна. Ширина ударных волн. Ударные волны в релаксирующей среде. Изотермический скачок. Слабые разрывы.

#### Тема 11. Понятие детонации и детонационной волны

#### Тема 12. Понятие детонации и детонационной волны Взаимодействие ударных волн с фронтом пламени, образование детонационной волны.



### **Тема 13. Понятие детонации и детонационной волны Решение задач**

контрольная работа , примерные вопросы:

Процесс горения как источник слабых ударных волн. Взаимодействие ударных волн с фронтом пламени, образование детонационной волны. Структура детонационной волны и соотношение, определяющее ее параметры.

### **Тема 14. Распространение детонационной волны в сплошной среде**

**Тема 15. Распространение детонационной волны в сплошной среде Использование детонационного режима горения в тепловых двигателях и энергоустановках.**

### **Тема 16. Распространение детонационной волны в сплошной среде Решение задач**

контрольная работа , примерные вопросы:

Распространение пламени на начальном участке трубы. Физические механизмы ускорения пламени и переход к детонационному горению. Использование детонационного режима горения в тепловых двигателях и энергоустановках.

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Контрольные вопросы

1. Явление горения и детонации. Переход процесса горения в детонацию.
2. Основные положения гидродинамической теории детонации.
3. Условия существования устойчивой детонации.
4. Особенности распространения ударных волн в реагирующих средах.
5. Светодетонационные волны. Режимы и структура фронта волн поглощения.
6. Основные физические процессы, влияющие на образования заряженных частиц и генерацию электромагнитного излучения при взрыве КВВ.
7. Температурные поля в области взрыва для различных моментов времени.
8. Кумулятивные струи.
9. Влияние электромагнитных воздействий на кумулятивный эффект.
10. Физические процессы при взрывной генерации сверхмощных магнитных полей.
11. Физические явления при взрывных процессах в воздухе.
12. Основные положения теории точечного взрыва.
13. Условия совместности и их применение к исследованию ударных волн.
14. Ударные волны в жидкости.
15. Физические процессы распространения ударных волн в пузырьковых средах.
16. Особенности распространения ударных волн в твердых телах. Волны напряжения.
17. Фазовые переходы в ударных волнах.
18. Электромагнитные явления при ударном сжатии твердых тел.
19. Особенности распространения ударных волн в пористых средах.
20. Ударно-волновой и детонационный синтез сверхтвердых материалов.
21. Основы теории моделирования взрывных процессов.

#### **7.1. Основная литература:**

Соболев, Владимир Андреевич. Редукция моделей и критические явления в макрокинетике / В. А. Соболев, Е. А. Щепаккина. ?Москва: Физматлит, 2010. ?319 с.: ил.; 23. ?Библиогр.: с. 307-319. ?ISBN 978-5-9221-1269-7((в пер.)), 400 . ?  
<URL:[http://z3950.ksu.ru/bcover/0000688929\\_con.pdf](http://z3950.ksu.ru/bcover/0000688929_con.pdf)>.

Мартюшов, Сергей Николаевич. Численное моделирование на основе метода конечного объема в задачах горения и дифракции ударных волн / С. Н. Мартюшов; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т вычислит. технологий. ?Новосибирск: Наука, 2011. ?215 с.: ил.; 21. ?Библиогр.: с. 203-213 (202 назв.). ?ISBN 978-5-02-019000-9((в пер.)), 200.

## 7.2. Дополнительная литература:

Либерман, М.. Физика ударных волн в газах и плазме. // Либерман М., Великович а.: Наука, 1987.- 298с. ISBN ББК УДК. ? ЦИТ фКГУ, 2008г.

Великович А.Л., Либерман М.А. Физика ударных волн в газах и плазме. М.: Наука. 1987. 294 с.

Осипов А.И., Сысоев Н.Н., Уваров А.В. Современная молекулярная физика. Неравновесный газ. Учеб. пособие. - М.: Физический фак. МГУ, 2006. - 44с.

Ландау Л.Д. Теоретическая физика/ Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. - Учебное пособие. В 10 т. Т. VI. Гидродинамика. - 4-е изд., стер. - М: Наука. Гл. ред физ.-мат. Лит., 1988. - 736с. - ISBN 5-02-013850-9 (т. VI)

Кобылкин И.Ф., Селиванов В.В., Соловьев В.С., Сысоев Н.Н. Ударные и детонационные волны. Методы исследования. 2-е изд. - М., Физматлит, 2004

## 7.3. Интернет-ресурсы:

Взрывные и детонационные явления - <http://www.pirotek.info/Other/vzrivniejavlenia.htm>

детонация - <http://gatchina3000.ru/great-soviet-encyclopedia/bse/024/562.htm>

детонация - <http://fei.chuvsu.ru/~.victor/maison/lek7/lek7.html>

лекции МГУ -

[http://molphys.phys.msu.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=72&Itemid=88888889](http://molphys.phys.msu.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=72&Itemid=88888889)

УВиД -

[http://edu.kubannet.ru/dlstore/097bb0b5-9bbf-5618-27ce-7f086c65dbae/2008\\_01\\_Udarnie\\_volni\\_i\\_deton](http://edu.kubannet.ru/dlstore/097bb0b5-9bbf-5618-27ce-7f086c65dbae/2008_01_Udarnie_volni_i_deton)

УДАРНЫЕ ВОЛНЫ И ДЕТОНАЦИЯ - <http://www.ism.ac.ru/sgv/kom2.html>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Освоение дисциплины "Ударные волны и детонация" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

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

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "КнигаФонд", доступ к которой предоставлен студентам. Электронно-библиотечная система "КнигаФонд" реализует легальное хранение, распространение и защиту цифрового контента учебно-методической литературы для вузов с условием обязательного соблюдения авторских и смежных прав. КнигаФонд обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям новых ФГОС ВПО.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 223200.68 "Техническая физика" .

Автор(ы):

Иовлева О.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Ларионов В.М. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.