

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Механико-математический факультет
Кафедра газовой и волновой динамики



УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
/Нигматулин Р.И./
«10_» июня_20_19г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины (модуля):

Спецкурс на английском языке. Детонация и горение.

наименование дисциплины (модуля)

Уровень высшего образования:

специалитет

Направление подготовки (специальность):

01.05.01 Фундаментальные математика и механика

(код и название направления/специальности)

Направленность (профиль) ОПОП: В-ПД

Фундаментальная механика

(если дисциплина (модуль) относится к вариативной части программы)

Форма обучения:

очная

очная, очно-заочная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
на заседании кафедры газовой и волновой динамики
(протокол №_15_, «_10_» __июня_20_19_ года)

Москва 2019

На обратной стороне титула:

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки/ специальности «Фундаментальная механика» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки; программы специалитета; программы магистратуры*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

Год (годы) приема на обучение _____ 2015 _____

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО (*относится к базовой или вариативной части ОПОП ВО, или является факультативом*). Вариативная часть ООП. Является специальной дисциплиной для студентов 3-6 годов обучения, специализирующихся в данной научной области или смежной научной области, спецкурсе по выбору студента. Освоение дисциплины необходимо для сдачи экзаменов по основной и смежной специальностям, сдачи выпускных экзаменов, написания курсовых и дипломных работ, статей и научных отчетов.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть): освоение дисциплин «Основы механики сплошных сред», «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Механика сплошной среды», «Дифференциальные уравнения».

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников (коды)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с компетенциями
УК-1 УК-6	<i>Уметь</i> проводить самостоятельно научные и прикладные исследования в специальных областях механики
ОПК-1 СПК-1 СПК-2 СПК-3 ОПК-3	<i>Уметь</i> использовать фундаментальные знания в области специализации в будущей профессиональной деятельности <i>Владеть</i> специальными разделами механики сплошной среды, физико-химической газовой динамики, теории детонации и горения, методами анализа и решения задач специализации <i>Знать</i> специальные разделы механики жидкости, газа и плазмы, физико-химической газовой динамики, теории детонации и горения.
ПК-2	<i>Уметь</i> применять методы анализа для решения задач специализации

4. Формат обучения: очная форма обучения, лекционные занятия.

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., в том числе 34 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 74 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)	Самостоятельная работа

Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)		Виды контактной работы, часы			обучающегося, часы (виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)
		Занятия лекционных типов*	Занятия семинарско-го типа*	Всего	
Тема 1. Основные характеристики горения. Предварительно перемешанные и не перемешанные системы, гомогенные и гетерогенные смеси. Горение и «фальшивое» горение. Теория Михельсона-Чепмена-Жуге.	5	1		1	4
Тема 2. Основные соотношения на фронте реакции в гомогенных газовых смесях, рассматриваемом как поверхность разрыва. Рассмотрение течений, содержащих волны горения и детонации, как областей неустановившегося непрерывного течения газов, разделенных поверхностями сильного разрыва, на которых происходит энерговыделение вследствие химических реакций.	6	2		2	4
Тема 3. Уравнения неустановившегося одномерного движения сжимаемой двухпараметрической среды и их характеристическая форма. Понятия нормального и исключительного газа.	6	2		2	4

Простые волны. Существование простых волн разрежения в нормальном газе и невозможность длительного существования волн сжатия без образования ударной волны.					
Тема 4. Ударные волны. Адиабата Гюгонио. Невозможность ударных волн разрежения в нормальном газе (теорема Цемплена). Задача о сильном взрыве. Распад произвольного разрыва в газе. Кривая Гюгонио в средах с энерговыведением. Дефлаграция как скачек разрежения. Детонация и дефлаграция Чепмена-Жуге. Основные свойства фронта реакции.	6	2		2	4
Тема 5. Основные характеристики сильной (пересжатой) и слабой (недосжатой) детонации, сильной (быстрой) и слабой (медленной) дефлаграции. Степень определенности течения при детонации и горении. О корректности постановки задач, содержащих поверхности разрыва с химическими реакциями. Автомодельные течения, содержащие фронт детонации или дефлаграции. Определение скорости распространения детонационных волн. Гипотеза Жуге.	6	2		2	4
Тема 6. Модели течений, учитывающие конечный размер зоны детонации(Модели Гриба-Зельдовича-Неймана-Деринга). Детонация как дефлаграция, введенная ударной волной. Случаи немонотонного энерговыведения	6	2		2	4

в зоне реакции за ударной волной. Псевдонедосжатая детонация. Структура течения в стационарной зоне детонации (модель с одной обобщенной брутто реакцией). Устойчивость решения для сильной детонации и неустойчивость решения для слабой детонации.					
Тема 7. Расчет структуры зоны детонации с учетом внешних воздействий: трения на стенках трубы, теплопотерь, притока или оттока массы, изменения площади сечения. Закон обращения воздействий. Условие самоподдерживающегося распространения головной ударной волны как условие существования звуковой поверхности (плоскости Чепмена-Жуге) в течении за волной. Множественность скоростей звука. Определение скорости самоподдерживающейся детонации.	6	2		2	4
Тема 8. Определение скорости нормального горения гомогенных смесей. Экспериментальное определение, основанное на законе В.А. Михельсона. Модель и определяющие уравнения тепловой теории распространения пламени. Приближенное определение скорости горения по Малляру-Ле Шателье, по Зельдовичу-Франк-Каменецкому, и с учетом потерь в рамках модели конечной длины зоны реакции. Исследование уравнений классической	6	2		2	4

теории горения в постановке Колмогорова-Петровского-Пискунова.					
Тема 9. Твердопламенное безгазовое горение - волновая локализация твердофазных реакций Мержанова-Боровинской-Шкиро. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез как область приложения твердопламенного горения.	5	2		2	3
Тема 10. Влияние крупномасштабной и мелкомасштабной турбулентности на распространение фронта горения. Неустойчивость фронта горения в газах, явление автотурбулизации. Ускорение турбулентного пламени. Контроль скорости турбулентного горения при избирательном внешнем подводе энергии.	5	2		2	3
<i>Промежуточная аттестация: коллоквиум</i>	6				6
Тема 11. Переход горения в детонацию в газах. Различие сценариев переходных процессов. Возникновение детонационных волн на контактных неоднородностях потока перед ускоряющимся фронтом пламени. Развитие моделей переходных процессов. Модель спонтанного перехода Зельдовича. Модель «взрыва во взрыве» Оппенгейма. Модель формирования очагов детонации в «горячих точках». Взаимодействие ударной волны с	5	2		2	3

фронтом пламени. Эксперименты Томаса. Прямое численное моделирование Оран.					
Тема 12. Волны детонации и дефлаграции со сферической и цилиндрической симметрией. Решение Л.И.Седова.	5	2		2	3
Тема 13. Спиновая детонация в газах. Структура детонационного фронта. Схема Зельдовича. Модель Войцеховского-Митрофанова-Топчияна. Две схемы сопряжения поперечной волны с головной.	5	2		2	3
Тема 14. Ячеистая структура детонации. Численное моделирование формирования двумерных ячеек в плоском канале при задании начального возмущения. Возможные трехмерные структуры детонационных ячеек. Спиновая детонация как предел ячеистой, когда размер одной ячейки становится сравнимым с размером трубы. Связь неустойчивости плоского одномерного фронта с ячеистой структурой в многомерном случае. Модель Коробейникова-Левина-Маркова-Черного	5	2		2	3
Тема 15. Вычислительное моделирование переходных процессов при развитии детонации в каналах сложной геометрии, содержащих более широкие каверны различных диаметров. Промотирование и ингибирование переходных процессов с помощью	5	2		2	3

геометрических характеристик, температуры и состава исходной смеси.					
Тема 16. Возникновение режимов низкоскоростной детонации и быстрого горения. Применение управляемой детонации в детонационных двигателях различных типов. Пульсирующие детонационные устройства.	5	2		2	3
Тема 17. Моделирование процессов горения в камере ракетного двигателя на многопроцессорных супер-ЭВМ. Накопление ошибок при решении нестационарных задач. Сравнительный анализ результатов, полученных с помощью различных вычислительных пакетов и данных экспериментов.	5	2		2	3
Тема 18. Понятие о детонации в гетерогенных системах.	4	1		1	3
<i>Итоговая аттестация: экзамен (указывается форма проведения)</i>	6				6
Итого	108	34		34	74

**Внимание! В таблице должно быть зафиксировано проведение текущего контроля успеваемости, который может быть реализован, например, в рамках занятий семинарского типа.*

*** Часы, отводимые на проведение промежуточной аттестации, выделяются из часов самостоятельной работы обучающегося*

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

1. Основные характеристики горения. Предварительно перемешанные и не перемешанные системы, гомогенные и гетерогенные смеси. Горение и «фальшивое» горение. Теория Михельсона-Чепмена-Жуге.
2. Основные соотношения на фронте реакции в гомогенных газовых смесях, рассматриваемом как поверхность разрыва.
3. Рассмотрение течений, содержащих волны горения и детонации, как областей неустановившегося непрерывного течения газов, разделенных поверхностями сильного разрыва, на которых происходит энерговыделение вследствие химических реакций.
4. Уравнения неустановившегося одномерного движения сжимаемой двухпараметрической среды и их характеристическая форма. Понятия нормального и исключительного газа.
5. Простые волны. Существование простых волн разрежения в нормальном газе и невозможность длительного существования волн сжатия без образования ударной волны.

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Билет 1	Основные характеристики горения. Предварительно перемешанные и не перемешанные системы, гомогенные и гетерогенные смеси. Горение и «фальшивое» горение. Теория Михельсона-Чепмена-Жуге.
Билет 2	Основные соотношения на фронте реакции в гомогенных газовых смесях, рассматриваемом как поверхность разрыва. Рассмотрение течений, содержащих волны горения и детонации, как областей неустановившегося непрерывного течения газов, разделенных поверхностями сильного разрыва, на которых происходит энерговыделение вследствие химических реакций.
Билет 3	Переход горения в детонацию в газах. Различие сценариев переходных процессов.
Билет 4	Уравнения неустановившегося одномерного движения сжимаемой двухпараметрической среды и их характеристическая форма. Понятия нормального и исключительного газа. Простые волны.
Билет 5	Волны детонации и дефлаграции со сферической и цилиндрической симметрией. Решение Л.И.Седова

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)				
Оценка	2	3	4	5

РФ и соответствующие виды оценочных средств				
Знания (виды оценочных средств: устные и письменные опросы и контрольные работы, тесты, и т.п.)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценочных средств: практические контрольные задания, написание и защита рефератов на заданную тему и т.п.)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: выполнение и защита курсовой работы, отчет по практике, отчет по НИР и т.п.)	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

8. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной и дополнительной литературы:

1. Зверев И.Н., Смирнов Н.Н. Газодинамика горения. Москва. Изд-во МГУ, 1987.
2. Смирнов Н.Н., Зверев И.Н. Гетерогенное горение. Москва. Изд-во МГУ, 1992.
3. Душин В.Р., Смирнова М.Н., Тюренкова В.В. Распространение волн в сплошных средах. Часть 1. Москва, изд-во НИИСИ РАН, 2016.
4. Черный Г.Г., Газовая динамика. М.: изд. Наука. 1988.

9. Язык преподавания.

английский

10. Преподаватель (преподаватели).

Смирнов Н.Н., Тюренкова В.В.

11. Автор (авторы) программы.
Смирнов Н.Н., Тюренкова В.В.