

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Суслин А. В.  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ГАЗОДИНАМИКА

Направление/специальность подготовки	17.05.01 Боеприпасы и взрыватели
Специализация/профиль/программа подготовки	Информационные технологии проектирования боеприпасов и взрывателей
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	ЕЗ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСЫ
Кафедра-разработчик рабочей программы	ЕЗ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСЫ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
5	9	4	144	51	17	34	0	93	0	0	93	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**17.05.01 Боеприпасы и взрыватели**

год набора группы: 2024

Программу составили:

Кафедра ЕЗ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСЫ \_\_\_\_\_  
Михайлов Николай Павлович, д.т.н., профессор, профессор

Кафедра ЕЗ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСЫ \_\_\_\_\_  
Панченко Антон Вадимович, старший преподаватель

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **ЕЗ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСЫ**

Заведующий кафедрой Кэрт Б.Э., д.т.н., проф. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**ЕЗ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСЫ**

Заведующий кафедрой Кэрт Б.Э., д.т.н., проф. \_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ГАЗОДИНАМИКА**

## **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-10 — способность применять методы математического анализа, моделирования и системного проектирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач проектирования, производства и испытания оружия и систем вооружения

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-10**

*знания:*

на уровне представлений: физики распространения волн сжатия и разрежения, детонационных и ударных волн;

на уровне воспроизведения: принципов работы средств измерения взрывных процессов, основных методов расчета параметров волн различного типа;

на уровне понимания: алгоритмы особенности моделирования взрывных и ударных явлений;;

*умения:*

теоретические: записывать дифференциальные уравнения движения сплошных сред при взрывах и ударах;

практические: пользоваться методиками расчетов газодинамических параметров, разбираться в методах регистрации взрывных процессов;;

*навыки:*

работы с измерительной (виртуальной) аппаратурой и методами обработки результатов эксперимента;.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ГАЗОДИНАМИКА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *17.05.01 Боеприпасы и взрыватели*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА ВЗРЫВА И УДАРА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРИКЛАДНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ ПАКЕТЫ РАСЧЕТА ВЗРЫВНЫХ И УДАРНЫХ ПРОЦЕССОВ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-11 — Способен ориентироваться в проблемных ситуациях и решать сложные вопросы проектирования, производства, испытания и эксплуатации боеприпасов и взрывателей различного типа и назначения
- ОПК-12 — Способен качественно и количественно оценивать результаты, математически формулировать постановку задачи и результаты ее решения применительно к проектированию, производству, испытаниям и эксплуатации боеприпасов и взрывателей различного типа и назначения
- ПСК-20 — Способен осуществлять профессиональную деятельность и применять методы математического моделирования боевой эффективности, надежности, баллистики, аэродинамики, взрыва, высокоскоростного удара, кумуляции, напряженно-деформированного состояния и разрушения конструкций боеприпасов, а также сопутствующих взрывных технологий и технологий двойного назначения

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ОПК-10
5	9	<b>Раздел 1. Введение. Виды моделирования в газодинамике и их взаимодействие. Графическое представление динамики параметров ударно-волновых процессов.</b> Лекция 1.1. Введение. Виды моделирования в газодинамике. Особенности ударно-волнового сжатия. Аналитическая оценка начальных параметров ударных волн – 2 часа. Лекция 1.2. Построение пространственно-временных диаграмм расстояние- время и давление – массовая скорость в типовых схемах нагружения – 2 часа.	15	6	2	4	9	10
5	9	<b>Раздел 2. Экспериментальные, исследовательские комплексы и их оборудование. Полигоны и взрывные камеры.</b> Лекция 2.1. Экспериментальные, исследовательские комплексы и их оборудование. Полигоны и взрывные камеры. Системы безопасности при взрывных работах – 2 часа.	17	5	1	4	12	10
5	9	<b>Раздел 3. Ударно-волновое нагружение различных сред взрывом и ударом.</b> Лекция 3.1. Методы ударно-волнового нагружения и их характеристика. Нагружение падающей, скользящей и уходящей ударной волной. x-t диаграммы процесса – 2 часа. Лекция 3.2. Нагружение плоским и косым ударом. Метание ударников взрывом. x-t диаграммы процессов – 2 часа.	18	6	2	4	12	10
5	9	<b>Раздел 4. Конструкции и расчёт генераторов ударных и детонационных волн.</b> Лекция 4.1. Характеристика конструкций генераторов ударных волн. Линейно-волновые и плоско-волновые детонационные генераторы. Пороховые и газовые пушки – 2 часа. Лекция 4.2. Плоско волновые генераторы ударного действия. Методы расчёта. Генераторы симметрично-сходящихся волн. Электрические и электромагнитные ускорители ударников. Сохранение ударно-сжатых веществ – 2 часа.	18	6	2	4	12	10
5	9	<b>Раздел 5. Особенности регистрации ударных волн в различных средах. Датчики преобразователи. Определение параметров ударных волн.</b> Лекция 5.1. Особенности регистрации ударных волн в газообразных, конденсированных и энергетических средах. Побочные явления. Величины, измеряемые в экспериментах – 2 часа. Лекция 5.2. Свидетели явлений и стадий процесса. Датчики преобразователи их классификация, разрешающая способность и скоординированность со средой – 2 часа. Лекция 5.3. Определение параметров ударных волн методами откола, торможения и отражения. Аналитические зависимости для расчёта параметров ударных волн – 2 часа.	19	7	3	4	12	15
5	9	<b>Раздел 6. Электрические методы регистрации газодинамических процессов.</b> Лекция 6.1. Электрические методы регистрации процессов. Устройства и приборы для регистрации. Усилители, осциллографы, линии связи, генераторы, импульсов, источники тока, электронные ключи – 2 часа. Лекция 6.2. Системы синхронизации измерительных схем в газодинамическом эксперименте. Элементная база – 2 часа. Лекция 6.3. Электроконтактный метод измерения перемещений волновых и массовых скоростей. Метод измерения перемещения поверхности тел и ударных фронтов реостатными датчиками. Измерительные схемы – 1 час. Лекция 6.4. Методы измерения давлений резистивными, пьезо- и сегнетозлектрическими датчиками. Измерение массовых скоростей ёмкостными датчиками – 1 час.	19	7	3	4	12	15
5	9	<b>Раздел 7. Оптические методы и устройства регистрации газодинамических процессов.</b> Лекция 7.1. Факторы, определяющие качество оптических методов. Фоторегистрация на движущейся и неподвижной плёнке. Метод щелевой развертки. Конструкции высокоскоростных фоторегистров – 2 часа. Лекция 7.2. Регистрация несветящихся процессов. Типы источников подсветки. Регистрация с подсветкой методами «оптического рычага» и наклонного зеркала. Использование лазерного излучения и световодов – 2 часа. Лекция 7.3. Визуализация несветящихся процессов. Методы светящихся зазоров, зеркального и полного внутреннего отражения. Регистрация светящихся процессов. Понятие об интерференционных и рентгенографических методах измерения – 2 часа.	19	7	3	4	12	15
5	9	<b>Раздел 8. Элементы статических методов обработки результатов эксперимента. Выборочный метод измерения случайной величины.</b> Лекция 8.1. Элементы теории вероятностей и математической статистики. Выборочный метод измерения случайной величины – 2 часа.	19	7	1	6	12	15
Всего за 9 семестр			144	51	17	34	93	100
Всего по дисциплине			144	51	17	34	93	100

#### 3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Введение. Виды моделирования в газодинамике и их взаимодействие. Графическое представление динамики параметров ударно-волновых процессов.	№1 Геометрическое моделирование в задачах гидрогазодинамики. Предварительный этап. Индивидуальная форма выполнения.	4
2	Раздел 2. Экспериментальные, исследовательские комплексы и их оборудование. Полигоны и взрывные камеры.	№1 Геометрическое моделирование в задачах гидрогазодинамики. Основной	4

		этап. Индивидуальная форма выполнения.	
3	Раздел 3. Ударно-волновое нагружение различных сред взрывом и ударом.	№2 Дискретизация расчетной области в задачах гидрогазодинамики. Предварительный этап. Индивидуальная форма выполнения.	4
4	Раздел 4. Конструкции и расчёт генераторов ударных и детонационных волн.	№2 Дискретизация расчетной области в задачах гидрогазодинамики. Основной этап. Индивидуальная форма выполнения.	4
5	Раздел 5. Особенности регистрации ударных волн в различных средах. Датчики преобразователи. Определение параметров ударных волн.	№3 Численное моделирование расчета обтекания осесимметричного тела. Предварительный этап. Индивидуальная форма выполнения.	4
6	Раздел 6. Электрические методы регистрации газодинамических процессов.	№3 Численное моделирование расчета обтекания осесимметричного тела. Основной этап. Индивидуальная форма выполнения.	4
7	Раздел 7. Оптические методы и устройства регистрации газодинамических процессов.	№4 Визуализация и обработка результатов численного моделирования. Предварительный этап. Индивидуальная форма выполнения.	4
8	Раздел 8. Элементы статических методов обработки результатов эксперимента. Выборочный метод измерения случайной величины.	№4 Визуализация и обработка результатов численного моделирования. Основной этап. Индивидуальная форма выполнения.	6
<b>Всего за 9 семестр</b>			<b>34</b>

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение. Виды моделирования в газодинамике и их взаимодействие. Графическое представление динамики параметров ударно-волновых процессов.	Формой управления самостоятельной работой студента являются консультации по освоению материалов раздела, подготовке к выполнению лабораторной работы и написанию отчета по лабораторным работам.	9
2	Раздел 2. Экспериментальные, исследовательские комплексы и их оборудование. Полигоны и взрывные камеры.	Формой управления самостоятельной работой студента являются консультации по освоению материалов раздела, подготовке к выполнению лабораторной работы и написанию отчета по лабораторным работам.	12
3	Раздел 3. Ударно-волновое нагружение различных сред взрывом и ударом.	Формой управления самостоятельной работой студента являются консультации по освоению материалов раздела, подготовке к выполнению лабораторной работы и написанию отчета по лабораторным работам.	12
4	Раздел 4. Конструкции и расчёт генераторов ударных и детонационных волн.	Формой управления самостоятельной работой студента являются консультации по освоению материалов раздела, подготовке к выполнению лабораторной работы и написанию отчета по лабораторным работам.	12
5	Раздел 5. Особенности регистрации ударных волн в различных средах. Датчики преобразователи. Определение параметров ударных волн.	Формой управления самостоятельной работой студента являются консультации по освоению материалов раздела, подготовке к выполнению лабораторной работы и написанию отчета по лабораторным работам.	12
6	Раздел 6. Электрические методы регистрации газодинамических процессов.	Формой управления самостоятельной работой студента являются консультации по освоению материалов раздела, подготовке к выполнению лабораторной работы и написанию отчета по лабораторным работам.	12

		лабораторной работы и написанию отчета по лабораторным работам.	
7	Раздел 7. Оптические методы и устройства регистрации газодинамических процессов.	Формой управления самостоятельной работой студента являются консультации по освоению материалов раздела, подготовке к выполнению лабораторной работы и написанию отчета по лабораторным работам.	12
8	Раздел 8. Элементы статических методов обработки результатов эксперимента. Выборочный метод измерения случайной величины.	Формой управления самостоятельной работой студента являются консультации по освоению материалов раздела, подготовке к выполнению лабораторной работы и написанию отчета по лабораторным работам.	12
<b>Всего за 9 семестр</b>			<b>93</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9				ЛР		ДР	ЛР			ДР		ЛР			ЛР	ДР	Тест, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- Тест – тест;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- тест.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006, 37 экз.
2. М. А. Есиков. . Гидрогазодинамика. Простые и ударные волны в идеальном газе. Новосибирск: НГТУ, 2020, эл. рес.
3. Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, эл. рес.
4. С. Г. Андреев, Ф. А. Баум, И. Ф. Кобылкин. . Физика взрыва. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004, 27 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

1. Вестник военного образования.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
3. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
2. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
3. Google Chrome.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Лабораторные занятия:**

1. Проектор;
2. Комплект учебных плакатов по специзделиям;
3. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
4. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
5. Google Chrome.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ГАЗОДИНАМИКА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *17.05.01 Боеприпасы и взрыватели*. Дисциплина реализуется на факультете *Е Оружие и системы вооружения БГТУ "ВОЕНМЕХ"* им. Д.Ф. Устинова кафедрой **ЕЗ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСЫ**.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-10 способность применять методы математического анализа, моделирования и системного проектирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач проектирования, производства и испытания оружия и систем вооружения.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением общих вопросов экспериментальной газодинамики, изучением комплексов физических эффектов, сопровождающих явления взрыва и удара, изучением методов и устройства генерации ударно-волновых комплексов в различных средах, изучением особенностей регистрации гидрофизических течений современной измерительной аппаратуры и другого оборудования, необходимого для исследования быстропротекающих процессов, изучением методов регистрации параметров ударных волн и детонационных волн, изучением методов регистрации кинематических параметров высокоскоростных соударений, приобретением навыков проектирования газодинамических экспериментов, приобретением навыков регистрации и моделирования ударно-волновых процессов, владением методиками регистрации параметров газодинамических течений, приобретением навыков работы с измерительной аппаратурой и методами обработки результатов эксперимента.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- тест.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**93 ч**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 93 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Введение. Виды моделирования в газодинамике и их взаимодействие. Графическое представление динамики параметров ударно-волновых процессов.</b>		
Формой управления самостоятельной работой студента являются консультации по освоению материалов раздела, подготовке к выполнению лабораторной работы и написанию отчета по лабораторным работам.	Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (1) М. А. Есиков. . Газодинамика. Простые и ударные волны в идеальном газе: Новосибирск: НГТУ, 2020 (1) С. Г. Андреев, Ф. А. Баум, И. Ф. Кобылкин. . Физика взрыва: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004 (2,9) Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (1,2)	9
Итого по разделу 1		9
<b>Раздел 2. Экспериментальные, исследовательские комплексы и их оборудование. Полигоны и взрывные камеры.</b>		
Формой управления самостоятельной работой студента являются консультации по освоению материалов раздела, подготовке к выполнению лабораторной работы и написанию отчета по лабораторным работам.	С. Г. Андреев, Ф. А. Баум, И. Ф. Кобылкин. . Физика взрыва: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004 (3) Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (2) Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (3)	12
Итого по разделу 2		12
<b>Раздел 3. Ударно-волновое нагружение различных сред взрывом и ударом.</b>		
Формой управления самостоятельной работой студента являются консультации по освоению материалов раздела, подготовке к выполнению лабораторной работы и написанию отчета по лабораторным работам.	Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (3) С. Г. Андреев, Ф. А. Баум, И. Ф. Кобылкин. . Физика взрыва: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004 (3,4) Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (4)	12

Итого по разделу 3		12
<b>Раздел 4. Конструкции и расчёт генераторов ударных и детонационных волн.</b>		
Формой управления самостоятельной работой студента являются консультации по освоению материалов раздела, подготовке к выполнению лабораторной работы и написанию отчета по лабораторным работам.	Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (4) С. Г. Андреев, Ф. А. Баум, И. Ф. Кобылкин. . Физика взрыва: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004 (5) Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (5)	12
Итого по разделу 4		12
<b>Раздел 5. Особенности регистрации ударных волн в различных средах. Датчики преобразователи. Определение параметров ударных волн.</b>		
Формой управления самостоятельной работой студента являются консультации по освоению материалов раздела, подготовке к выполнению лабораторной работы и написанию отчета по лабораторным работам.	С. Г. Андреев, Ф. А. Баум, И. Ф. Кобылкин. . Физика взрыва: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004 (11) Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (5,6) Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (6)	12
Итого по разделу 5		12
<b>Раздел 6. Электрические методы регистрации газодинамических процессов.</b>		
Формой управления самостоятельной работой студента являются консультации по освоению материалов раздела, подготовке к выполнению лабораторной работы и написанию отчета по лабораторным работам.	Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (7) С. Г. Андреев, Ф. А. Баум, И. Ф. Кобылкин. . Физика взрыва: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004 (12,13) Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (7)	12
Итого по разделу 6		12
<b>Раздел 7. Оптические методы и устройства регистрации газодинамических процессов.</b>		
Формой управления самостоятельной работой студента являются консультации по освоению материалов раздела, подготовке к выполнению лабораторной работы и написанию отчета по лабораторным работам.	Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (1) Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (7) С. Г. Андреев, Ф. А. Баум, И. Ф. Кобылкин. . Физика взрыва: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004 (8,11,12)	12
Итого по разделу 7		12
<b>Раздел 8. Элементы статических методов обработки результатов эксперимента. Выборочный метод измерения случайной величины.</b>		
Формой управления самостоятельной работой студента являются консультации по освоению материалов раздела, подготовке к выполнению лабораторной работы и написанию отчета по лабораторным работам.	С. Г. Андреев, Ф. А. Баум, И. Ф. Кобылкин. . Физика взрыва: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004 (1) Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (8)	12
Итого по разделу 8		12

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- тест;
- лабораторная работа;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Тест

Перечень тестов для сдачи диф. зачета, общей сложностью 32 вопроса, размещен в УМК дисциплины.

#### Лабораторная работа

Лабораторные работы представляются в электронной форме. Защита лабораторных работ проходит в форме демонстрации работающей программы и владения студентом навыками работы с программным комплексом.

Допуск к защите лабораторной работы студентом служит:

- соответствие варианта задания, отсутствие явных ошибок в расчетах;
- наличие необходимых пунктов;

Основой для положительной защиты лабораторной работы является усвоение студентом знаний на уровне не менее 80% по теоретическим материалам лабораторной работы. Оценка достигнутого уровня знаний студента осуществляется путем контроля корректности и верности ответов студента на выборочные вопросы преподавателя, приведенные в УМК настоящей дисциплины.

#### Дифференцированный зачет

Основой для определения оценки дифференцированного зачета по итогам семестра служит наличие всех защищенных работ, предусмотренных учебной программой дисциплины, и уровень усвоения студентом материала по тестовым вопросам, также предусмотренных учебной программой дисциплины.

На дифференциальный зачет студент получает 10 тестовых вопросов:

- оценки «отлично» при ответе на не менее 80% из заданных тестовых вопросов;
- оценки «хорошо» при ответе на не менее 60% из заданных тестовых вопросов;
- оценки «удовлетворительно» при ответе на не менее 40% из заданных тестовых вопросов;
- оценки «не зачтено» при ответе на менее 40% из заданных тестовых вопросов.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ОПК-10	
5	9	Раздел 1. Введение. Виды моделирования в газодинамике и их взаимодействие. Графическое представление динамики параметров ударно-волновых процессов.	15	6	2	4	9	10	Тест, Лабораторная работа
5	9	Раздел 2. Экспериментальные, исследовательские комплексы и их оборудование. Полигоны и взрывные камеры.	17	5	1	4	12	10	Тест, Лабораторная работа
5	9	Раздел 3. Ударно-волновое нагружение различных сред взрывом и ударом.	18	6	2	4	12	10	Лабораторная работа, Тест
5	9	Раздел 4. Конструкции и расчёт генераторов ударных и детонационных волн.	18	6	2	4	12	10	Лабораторная работа, Тест
5	9	Раздел 5. Особенности регистрации ударных волн в различных средах. Датчики преобразователи. Определение параметров ударных волн.	19	7	3	4	12	15	Тест, Лабораторная работа
5	9	Раздел 6. Электрические методы регистрации газодинамических процессов.	19	7	3	4	12	15	Лабораторная работа, Тест
5	9	Раздел 7. Оптические методы и устройства регистрации газодинамических процессов.	19	7	3	4	12	15	Лабораторная работа, Тест
5	9	Раздел 8. Элементы статических методов обработки результатов эксперимента. Выборочный метод измерения случайной величины.	19	7	1	6	12	15	Тест
Всего за 9 семестр			144	51	17	34	93	100	
Всего по дисциплине			144	51	17	34	93	100	

## Критерии оценивания

### ОПК-10

#### Вопросы открытого типа:

- № 1 В турбулентном потоке по отношению к ламинарному силы трения \_\_\_\_\_, тепловые потоки \_\_\_\_\_
- № 2 Плоская ударная волна с массовой скоростью на фронте 600 м/с нормально падает на свободную поверхность образца твердой среды. Какова скорость свободной поверхности в начальный момент отражения ударной волны?
- № 3 Для оценки качества пристеночной сетки при численном моделировании используют \_\_\_\_\_
- № 4 Какая величина непосредственно измеряется в экспериментах электроконтактным методом?
- № 5 Условием, предъявляемым к материалам лагранжевых датчиков и окружающей среды при внутрискруктурных измерениях является одинаковая \_\_\_\_\_
- № 6 В каком месте образцов располагаются датчики при измерениях массовой скорости электроконтактным методом?
- № 7 Какие параметры детонации измеряются методом Дотриша?
- № 8 Сопротивление манганита в резистивном датчике от давления изменяется по \_\_\_\_\_ зависимости
- № 9 При дозвуковом режиме обтекания вклад волнового сопротивления составляет \_\_\_\_\_ %
- № 10 При увеличении температуры вязкость жидкостей \_\_\_\_\_, газов \_\_\_\_\_

#### Вопросы закрытого типа:

- № 1 Какой из перечисленных ниже датчиков используют для непрерывного измерения давления ударных волн в конденсированных средах:  
- Резистивные (мгновенные)  
- Реостатные  
- Электроконтактные  
- Датчик-свидетель
- № 2 Как тип датчиков применяется для регистрации давления ударных волн в газах:  
- Пьезодатчики  
- Манганитовый  
- Электромагнитный  
- Емкостной
- № 3 Какой из указанных подходов не используется для численного решения уравнений Навье-Стокса:  
- SPH  
- DNS  
- LES  
- RANS
- № 4 Какой из перечисленных методов используется для построения ударных адиабат пористых материалов:  
- Метод торможения  
- Метод откола  
- Метод свидетелей



- № 5 - Рентгенографический метод  
В каком методе для построения ударных адиабат используются образцы с известной адиабатой:
- Метод отражения
  - Метод откола
  - Емкостной метод
- № 6 - Метод манганитового датчика  
Какой тип датчиков используется для непрерывного измерения скорости детонации зарядов:
- Ионизационный
  - Электромагнитный
  - Емкостной
- № 7 - Электроконтактный  
Какие из этих моделей турбулентности не используют гипотезу Буссинеска:
- Модели рейнольдсовых напряжений
  - Алгебраические модели
  - Модели с одним дифференциальным уравнением
  - Модели с двумя дифференциальными уравнениями
- № 8 Поставьте в верное соответствие вклад волнового  $R_{волн}$ , вихревого  $R_{вихр}$  и сопротивления трения  $R_{тр}$  в общее значение силы сопротивления при сверхзвуковом режиме обтекания
- А. - волновое сопротивление  $R_{волн}$
- Б. - вихревое сопротивление  $R_{вихр}$
- В. - сопротивление трения  $R_{тр}$
- 1 – 10%.
- 2 – 30%.
- 3 – 60%.
- № 9 Какие физические свойства используются для тарировки манганитовых датчиков:
- Давление фазового перехода  $\alpha$ - $\epsilon$
  - Ударная вязкость
  - Модуль упругости
  - Коэффициент Пуассона
- № 10 Какие методы не используют для уменьшения вихревого (донного) сопротивления:
- Использование покрытий, ламинизирующих поток
  - Применение газогенератора
  - Применение донной выемки
  - Выбор оптимального угла заповязочного конуса