

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
 федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
 «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»  
 (БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Суслин А. В.  
 «31» 05 2022 ФИО

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ФИЗИКА ВЗРЫВА И УДАРА

Направление/специальность подготовки	17.05.01 Боеприпасы и взрыватели
Специализация/профиль/программа подготовки	Патроны и гильзы
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ
Кафедра-разработчик рабочей программы	Е3 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	
4	7	3	108	68	34	0	34	40	0	0	40	ЭКЗ.

## 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: 2022

Программу составили:

Кафедра ЕЗ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСЫ  
Кравцов Всеволод Олегович, старший преподаватель

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

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

### **Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Заведующий кафедрой Нестеров Н.И., к.т.н., доц.

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ФИЗИКА ВЗРЫВА И УДАРА**

### **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-11 — способность ориентироваться в проблемных ситуациях и решать сложные вопросы проектирования, производства, испытания и эксплуатации боеприпасов и взрывателей различного типа и назначения
--

ОПК-12 — способность 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
---

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-11**

*знания:*

основных опасных и вредных факторов, сопровождающих явления горения и взрыва;

*умения:*

сопоставлять и применять существующие расчетные методы физики взрыва и удара соответствующим задачам проектирования, производства, испытания и эксплуатации боеприпасов и взрывателей;

*навыки:*

владения инженерными методиками решения задач в области физики взрыва и удара.

### **ОПК-12**

*знания:*

физики основных процессов, описывающих явления горения и взрыва;

основных уравнений, описывающих физику возбуждения и распространения волн сжатия и разрежения, детонационных и ударных волн;

*умения:*

проводить качественную оценку пригодности и применимости используемых расчетных методов и моделей для решения задач физики взрыва и удара;

*навыки:*

владения инженерными методиками решения задач в области физики взрыва и удара;

расчета процессов взрыва и удара с использованием современного программного обеспечения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ФИЗИКА ВЗРЫВА И УДАРА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *17.05.01 Боеприпасы и взрыватели*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **УСТРОЙСТВО БОЕПРИПАСОВ, ВЗРЫВАТЕЛЕЙ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЙСТВИЕМ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-7 — Способен анализировать текущее состояние и тенденции развития оружия и систем вооружения

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 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	Практические занятия		ОПК-11	ОПК-12
4	7	Раздел 1. Введение. Уравнения движения сплошных сред. Введение. Использование взрыва в современных условиях. Первый и второй законы термодинамики. Уравнения состояния вещества. Напряжения и деформации в твердых средах. Уравнения движения сжимаемой твердой среды. Уравнения движения идеальной среды. Интегралы Эйлера и Бернулли.	11	7	4	3	4	4	4
4	7	Раздел 2. Решение одномерных изэнтропических уравнений газовой динамики. Простые волны. Особые и общие решения одномерных уравнений газовой динамики. Уравнения характеристик. Инварианты Римана. Простые волны сжатия и разрежения. Движение поршня в трубе, заполненной газом. Разлет газа в вакуум.	13	8	4	4	5	12	12
4	7	Раздел 3. Теория ударных волн. Условия возникновения ударных волн. Законы сохранения массы, импульса и энергии на фронте ударных волн в различных средах. Скорость ударных волн в газе. Ударная адиабата. Изменение энтропии и температуры на фронте ударной волны. Сильные ударные волны в газе. Необратимые потери энергии на фронте ударных волн. Уравнения состояния и адиабаты ударного сжатия твердых и жидких сред. Косые ударные волны в газе. Отражение ударных волн от жесткой стенки.	11	7	4	3	4	12	12
4	7	Раздел 4. Теория детонационных волн. Гидродинамическая теория детонации в газах. Параметры Чепмена-Жуге. Условия устойчивой детонации. Теория детонации конденсированных взрывчатых веществ. Уравнения состояния и изэнтропии продуктов детонации. Распределение параметров продуктов детонации за фронтом детонационной волны. Свойства промышленных взрывчатых веществ. Влияние плотности взрывчатых веществ геометрии и оболочки заряда на процесс детонации.	14	9	4	5	5	12	12
4	7	Раздел 5. Начальные параметры ударных волн на границе раздела сред. Уравнения состояния различных сред. Отражение детонационных волн от поверхности высокоплотных сред. Отражение детонационной волны от абсолютно жесткой стенки. Соударение твердых тел. Переход ударной волны из одной среды в другую.	12	8	4	4	4	12	12
4	7	Раздел 6. Расчет поля взрыва в различных средах. Взрыв в воздухе. Формирование ударной волны в сплошной среде. Расчет импульса взрыва сосредоточенного заряда. Метод теоретического решения задачи взрыва заряда ВВ в воздухе. Инженерные методы расчета поля взрыва в воздухе. Методика и результаты расчета точечного взрыва в воздухе. Физика взрыва в воде. Расчет параметров и закон движения газового пузыря ПД.	13	8	4	4	5	12	12
4	7	Раздел 7. Особенности действия взрыва и удара в твердых средах. Механические характеристики материалов при высокоскоростном нагружении. Уравнения движения прочной сжимаемой среды (одномерные). Ударные и пластические волны в материалах с фазовыми переходами. Разрушение при столкновении ударных волн. Взаимодействие ударных волн. Отражение УВ от свободной поверхности. Откол. Упрочнение и резка металла ударными волнами.	12	8	4	4	4	12	12
4	7	Раздел 8. Метание тел продуктами детонации. Теоретическая оценка импульса при контактном и неконтактном действии взрыва на преграду. Определение скорости метания пластин и оболочек продуктами детонации. Кинематические параметры метания и столкновения оболочек разгоняемых взрывом. Методы управления действием взрыва в ракетно-артиллерийских и инженерных боеприпасах.	13	8	4	4	5	12	12
4	7	Раздел 9. Кумулятивное действие взрыва. Физические основы кумуляции. Гидродинамическая теория плоских сходящихся струй. Кинематические параметры кумулятивной струи. Определение диаметра и глубины пробойны преграды кумулятивной струи. Конструкции кумулятивных зарядов. Приближенный метод расчета пробивания преграды кумулятивным зарядом. Формирование взрывом компактных ударников. Влияние технологии изготовления кумулятивных зарядов на эффективность бронепробития.	9	5	2	3	4	12	12
Всего за 7 семестр			108	68	34	34	40	100	100
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Введение. Уравнения движения сплошных сред.	Введение. Элементы термодинамики. Адиабата Пуассона.	3
2	Раздел 2. Решение одномерных изэнтропических уравнений газовой динамики. Простые волны.	Непрерывное движение сплошной среды. Малые возмущения	2
3		Ускоренное и равномерное выдвигание поршня из трубы, заполненной газом. Истечение газа в вакуум	2

4	Раздел 3. Теория ударных волн.	Законы сохранения в интегральной форме. Адиабата ударного сжатия газов. Однократное и двукратное сжатие. Параметры ударных волн в газах	2
5		Одномерное отражение плоских ударных волн от жесткой стенки. Взаимодействие ударных волн по нормали	1
6		Расчет параметров детонации газообразных и конденсированных взрывчатых веществ	1
7	Раздел 4. Теория детонационных волн.	Взрыв конденсированных ВВ в жесткой оболочке	2
8		Взаимодействие ДВ с различными средами; начальные параметры при отражении детонационной волны от поверхности различных сред	2
9	Раздел 5. Начальные параметры ударных волн на границе раздела сред.	Переход ударной волны из одной среды в другую (распад разрыва)	2
10		Соударение твердых тел на больших скоростях	2
11	Раздел 6. Расчет поля взрыва в различных средах.	Расчет поля взрыва в воздухе	2
12		Расчет поля взрыва в воде и грунте	2
13		Действие взрыва на металлическую преграду	2
14	Раздел 7. Особенности действия взрыва и удара в твердых средах.	Разрушение металлической преграды при столкновении ударных волн и их отражении от свободной поверхности	2
15	Раздел 8. Метание тел продуктами детонации.	Расчет метания оболочек продуктами детонации	2
16		Расчет кинематических параметров соударения пластин и оболочек, разгоняемых взрывом	2
17	Раздел 9. Кумулятивное действие взрыва.	Расчет параметров кумулятивной струи осесимметричного заряда	2
18		Расчет бронепробития преграды кумулятивным зарядом	1
<b>Всего за 7 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. Уравнения движения сплошных сред.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	2
2		Выполнение типового расчета	2
3	Раздел 2. Решение одномерных изоэнтропических уравнений газовой динамики. Простые волны.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	3
4		Выполнение типового расчета	2
5	Раздел 3. Теория ударных волн.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	2
6		Выполнение типового расчета	2
7	Раздел 4. Теория детонационных волн.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	3
8		Выполнение типового расчета	2
9	Раздел 5. Начальные параметры ударных волн на границе раздела сред.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	2
10		Выполнение типового расчета	2
11	Раздел 6. Расчет поля взрыва в различных средах.	Выполнение типового расчета	2
12		Самостоятельное изучение теоретического материала по	3

		рекомендуемой литературе	
13	Раздел 7. Особенности действия взрыва и удара в твердых средах.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	2
14		Выполнение типового расчета	2
15	Раздел 8. Метание тел продуктами детонации.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	3
16		Выполнение типового расчета	2
17	Раздел 9. Кумулятивное действие взрыва.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	2
18		Выполнение типового расчета	2
Всего за 7 семестр			40

#### 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
7				Зад. СРС		ДР			РГР, Зад. СРС	ДР		РГР			РГР, Зад. СРС	ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Зад. СРС – задания для самостоятельной работы;
- РГР – расчетно-графическая работа;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

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

- диагностическая работа;
- задания для самостоятельной работы;
- расчетно-графическая работа;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. Б. Л. Глушак. . Физика взрыва. Саров: Изд-во РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2008, эл. рес.
2. Е. А. Знаменский. . Ударное и кумулятивное действие артиллерийских боеприпасов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 51 экз.
3. Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006, 37 экз.
4. Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

1. Вопросы оборонной техники. Серия 16.

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

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

### 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. Mathcad Prime 3.1.

### 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. Практические занятия:**

1. Интерактивная доска.

### **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 **ФИЗИКА ВЗРЫВА И УДАРА** 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-11 способность ориентироваться в проблемных ситуациях и решать сложные вопросы проектирования, производства, испытания и эксплуатации боеприпасов и взрывателей различного типа и назначения;

ОПК-12 способность 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.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением общих вопросов физики горения и детонации, изучения ударных и детонационных волн, освоения методов расчета параметров горения и детонации, изучения закономерностей метания оболочек продуктами взрыва, изучения моделирования явлений взрыва и горения, приобретения навыков расчета параметров кумулятивных струй их проникания в преграду, владения методами анализа процессов взрывных и ударных явлений в разных средах, владения инженерными методиками расчета взрывного воздействия.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- задания для самостоятельной работы;
- расчетно-графическая работа;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**40 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 40 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. Уравнения движения сплошных сред.</b>		
Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	Б. Л. Глушак. . Физика взрыва: Саров: Изд-во РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2008 (1) 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 (1,2)	2
Выполнение типового расчета		2
Итого по разделу 1		4
<b>Раздел 2. Решение одномерных изэнтропических уравнений газовой динамики. Простые волны.</b>		
Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	Б. Л. Глушак. . Физика взрыва: Саров: Изд-во РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2008 (2) Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (2,5) Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (3)	3
Выполнение типового расчета		2
Итого по разделу 2		5
<b>Раздел 3. Теория ударных волн.</b>		
Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	Б. Л. Глушак. . Физика взрыва: Саров: Изд-во РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2008 (3) Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (4)	2
Выполнение типового расчета	Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (3)	2
Итого по разделу 3		4
<b>Раздел 4. Теория детонационных волн.</b>		
Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (4) Б. Л. Глушак. . Физика взрыва: Саров: Изд-во РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2008 (4) Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (5)	3
Выполнение типового расчета		2
Итого по разделу 4		5
<b>Раздел 5. Начальные параметры ударных волн на границе раздела сред.</b>		
Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (6,13) Н. П. Михайлов. . Основы математического	2

Выполнение типового расчета	моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (6) Б. Л. Глушак. . Физика взрыва: Саров: Изд-во РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2008 (5)	2
Итого по разделу 5		4
<b>Раздел 6. Расчет поля взрыва в различных средах.</b>		
Выполнение типового расчета	Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (7,8)	2
Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (7)	3
Итого по разделу 6		5
<b>Раздел 7. Особенности действия взрыва и удара в твердых средах.</b>		
Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (12) Б. Л. Глушак. . Физика взрыва: Саров: Изд-во РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2008 (6) Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (7.4,10.5)	2
Выполнение типового расчета		2
Итого по разделу 7		4
<b>Раздел 8. Метание тел продуктами детонации.</b>		
Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (10) Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (8,10.4)	3
Выполнение типового расчета		2
Итого по разделу 8		5
<b>Раздел 9. Кумулятивное действие взрыва.</b>		
Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (11) Е. А. Знаменский. . Ударное и кумулятивное действие артиллерийских боеприпасов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (2) Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (9)	2
Выполнение типового расчета		2
Итого по разделу 9		4

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы к экзамену;
- задания для самостоятельной работы;
- расчетно-графическая работа;
- экзамен.

### 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.

#### Вопросы к экзамену

1. Дифференциальные уравнения газовой динамики в векторной форме.
2. Дифференциальные уравнения газовой динамики в координатной форме.
3. Особые решения одномерных дифференциальных уравнений газовой динамики. Инварианты Римана.
4. Характеристики уравнений газодинамики. Построение  $x - t$  диаграмм ударно-волновых процессов.
5. Волна разрежения при выдвигании поршня из трубы, заполненной газом ( $x - t$  диаграмма).
6. Волна разрежения при истечении газа в вакуум ( $x - t$  диаграмма).
7. Элементарная теория поверхности разрыва в газах. Уравнения сохранения массы, импульса и энергии.
8. Соотношение плотностей газа ( $\rho_1/\rho_2$ ) на поверхности разрыва (вывод квадратного уравнения).
9. Расчет соотношений параметров газа ( $u_2/u_1$ ;  $p_2/p_1$ ) на поверхности разрыва.
10. Скорость ударных волн в газах.
11. Плоская ударная волна. Параметры газа на фронте волны.
12. Параметры газа на фронте сильных ударных волн.
13. Косая ударная волна. Расчет параметров.
14. Адиабата ударного сжатия газов и её особенности.
15. Детонация в газах. Структура фронта детонационной волны. Гипотеза Чепмена-Жуге.
16. Параметры детонации в газах.
17. Скорость детонации в газах.
18. Параметры детонации конденсированных ВВ.
19. Изменение параметров газа за фронтом детонационной волны (волна Тэйлора).
20. Начальные параметры при отражении детонационной волны от поверхности высокоплотных сред (в металлах  $\rho_x > \rho_n$ ). Ударные адиабаты металлов.
21. Отражение детонационной волны от недеформируемой стенки.
22. Начальные параметры при отражении детонационной волны от поверхности низкоплотных сред (в воде  $\rho_x < \rho_n$ ).
23. Разлет продуктов детонации в вакууме.
24. Отражение воздушной ударной волны от жесткой стенки.
25. Формирование ударной волны в сплошной среде.
26. Расчет поля взрыва в воздухе высоко над землёй.
27. Параметры воздушной ударной волны при взрыве заряда у поверхности земли (преграды).
28. Расчет поля взрыва в воде.
29. Отражение ударной волны от дна и поверхности водоема.
30. Взрыв в грунте.
31. Начальные параметры ударных волн при плоском соударении твердых тел. Расчет параметров по адиабате Гюгонио и в акустическом приближении.
32. Начальные параметры при переходе ударной волны из одной среды в другую.
33. Особенности сжатия твердых сред в ударных волнах. Основные факторы ответственные за разрушение в ударных волнах.
34. Форма импульса ударной волны в сплавах железа и её связь с адиабатой ударного сжатия.
35. Динамическая (откольная) прочность металла. Феноменологическая модель разрушения.

Множественные и гладкие отколы.

36. Расчет импульса при контактном взрыве.

37. Импульс при близком неконтактном взрыве. Активная масса заряда.

38. Расчет скорости симметричных оболочек разгоняемых взрывом.

39. Расчет скорости пластин разгоняемых взрывом.

40. Параметры течения металла при соударении облицовки кумулятивного заряда.

41. Проникновение кумулятивной струи в преграду.

42. Трехмерная схема косых соударений. Расчет кинематических параметров.

43. Трехмерная схема плоских соударений. Расчет кинематических параметров.

44. Упрочнение металлов взрывом. Основные понятия.

45. Сварка металлов взрывом. Основные понятия.

46. Штамповка металлов взрывом. Основные понятия.

### **Задания для самостоятельной работы**

Задания для самостоятельной работы представляют собой типовые задачи по изучаемым темам разделов дисциплины. Форма выполнения и варианты, представленные в УМК дисциплины, индивидуальные.

Защитой служит:

- соответствие варианта задания;
- качество оформления;
- правильность расчетов;
- способность дать развернутый комментарий по полученным результатам.

### **Расчетно-графическая работа**

Расчетно-графическая работа (РГР) "Возбуждение ударных волн в плоско-параллельном режиме" представляется в печатной форме.

Варианты заданий РГР представлены в УМК дисциплины.

Защитой РГР служит:

- соответствие варианта задания;
- наличие необходимых разделов и графического материала;
- правильность расчетов;
- корректность выводов;
- способность дать развернутый комментарий по полученным результатам.

### **Экзамен**

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

Экзамен проходит в устной форме.

Результаты ответов студента оцениваются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

Основой для определения оценки служит уровень усвоения студентом материала, предусмотренного учебной программой дисциплины.

- оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала и защита РГР;

- оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности и защита РГР;

- оценки «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя и защита РГР;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении

предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.



КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-11	ОПК-12	
4	7	Раздел 1. Введение. Уравнения движения сплошных сред.	11	7	4	3	4	4	4	Вопросы к экзамену, Задания для самостоятельной работы
4	7	Раздел 2. Решение одномерных изоэнтропических уравнений газовой динамики. Простые волны.	13	8	4	4	5	12	12	Вопросы к экзамену, Задания для самостоятельной работы
4	7	Раздел 3. Теория ударных волн.	11	7	4	3	4	12	12	Вопросы к экзамену, Расчетно-графическая работа
4	7	Раздел 4. Теория детонационных волн.	14	9	4	5	5	12	12	Расчетно-графическая работа, Вопросы к экзамену
4	7	Раздел 5. Начальные параметры ударных волн на границе раздела сред.	12	8	4	4	4	12	12	Расчетно-графическая работа, Вопросы к экзамену
4	7	Раздел 6. Расчет поля взрыва в различных средах.	13	8	4	4	5	12	12	Вопросы к экзамену, Задания для самостоятельной работы
4	7	Раздел 7. Особенности действия взрыва и удара в твердых средах.	12	8	4	4	4	12	12	Вопросы к экзамену, Расчетно-графическая работа
4	7	Раздел 8. Метание тел продуктами детонации.	13	8	4	4	5	12	12	Вопросы к экзамену, Расчетно-графическая работа
4	7	Раздел 9. Кумулятивное действие взрыва.	9	5	2	3	4	12	12	Вопросы к экзамену, Задания для самостоятельной работы
Всего за 7 семестр			108	68	34	34	40	100	100	

<b>Всего по дисциплине</b>	108	68	34	34	40	100	100	
----------------------------	-----	----	----	----	----	-----	-----	--