

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Знаменский Е.А.

« ____ » _____ 20__

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 Технология патронного производства и обработка металлов давлением
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	51	34	0	17	57	0	0	57	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: 2026

Программу составили:

Кафедра ЕЗ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСЫ
Кравцов Всеволод Олегович, к.т.н., доцент

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

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

Заведующий кафедрой Филимон С.В., к.т.н.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

Е4 Технология патронного производства и обработка металлов давлением

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 — 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

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-11

знания:

особенностей ударно-волновых процессов, происходящих при действии средств поражения и боеприпасов;

умения:

умения:

применять полученные знания к проектированию элементов средств поражения и боеприпасов;

навыки:

владения расчетными методами решения задач физики взрыва и удара применительно к виду действия средства поражения.

ОПК-12

знания:

физики основных процессов, описывающих явления горения и взрыва;

умения:

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

навыки:

ладения инженерными методиками решения задач физики взрыва и удара.

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: **ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ 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	5	4	1	6	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	6	4	2	7	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	6	4	2	5	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	6	4	2	8	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	6	4	2	6	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	6	4	2	7	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	6	4	2	6	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 боеприпасов.	13	6	4	2	7	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	4	2	2	5	12	12
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	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.	1
2	Раздел 2. Решение одномерных изэнтропических уравнений газовой динамики. Простые волны.	Непрерывное движение сплошной среды. Малые возмущения	1
3		Ускоренное и равномерное выдвигание поршня из трубы, заполненной газом. Истечение газа в вакуум	1

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

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	3
2		Выполнение типового расчета	3
3	Раздел 2. Решение одномерных изоэнтропических уравнений газовой динамики. Простые волны.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	4
4		Выполнение типового расчета	3
5	Раздел 3. Теория ударных волн.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	2
6		Выполнение типового расчета	3
7	Раздел 4. Теория детонационных волн.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	5
8		Выполнение типового расчета	3
9	Раздел 5. Начальные параметры ударных волн на границе раздела сред.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	3
10		Выполнение типового расчета	3
11	Раздел 6. Расчет поля взрыва в различных средах.	Выполнение типового расчета	3
12		Самостоятельное изучение теоретического материала по	4

		рекомендуемой литературе	
13	Раздел 7. Особенности действия взрыва и удара в твердых средах.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	3
14		Выполнение типового расчета	3
15	Раздел 8. Метание тел продуктами детонации.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	4
16		Выполнение типового расчета	3
17	Раздел 9. Кумулятивное действие взрыва.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	2
18		Выполнение типового расчета	3
Всего за 7 семестр			57

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					РГР, КПос	ДР			РГР, КПос	ДР					РГР, КПос	ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- РГР – расчетно-графическая работа;
- КПос – контроль посещаемости;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

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

- диагностическая работа;
- расчетно-графическая работа;
- контроль посещаемости;
- 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 - 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 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.

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;
- расчетно-графическая работа;
- контроль посещаемости;
- 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 (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 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.
Раздел 1. Введение. Уравнения движения сплошных сред.		
Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	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)	3
Выполнение типового расчета	Б. Л. Глушак. . Физика взрыва: Саров: Изд-во РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2008 (1)	3
Итого по разделу 1		6
Раздел 2. Решение одномерных изэнтропических уравнений газовой динамики. Простые волны.		
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)	4
Выполнение типового расчета		3
Итого по разделу 2		7
Раздел 3. Теория ударных волн.		
Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	Б. Л. Глушак. . Физика взрыва: Саров: Изд-во РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2008 (3) Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (3) Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (4)	2
Выполнение типового расчета		3
Итого по разделу 3		5
Раздел 4. Теория детонационных волн.		
Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	Б. Л. Глушак. . Физика взрыва: Саров: Изд-во РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2008 (4) Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (4) Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (5)	5
Выполнение типового расчета		3
Итого по разделу 4		8
Раздел 5. Начальные параметры ударных волн на границе раздела сред.		
Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (6,13) Б. Л. Глушак. . Физика взрыва: Саров: Изд-во РФЯЦ-	3

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

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- расчетно-графическая работа;
- контроль посещаемости;
- вопросы к экзамену;
- 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.

Расчетно-графическая работа

Расчетно-графическая работа (РГР) "Возбуждение ударных волн в плоско-параллельном режиме" представляет собой совокупность отчетов по следующим разделам:

- 1) возбуждение ударных волн (УВ) в плоскопараллельном режиме:
 - 1.1) параметры продуктов детонации (ПД) в плоскости Чемпена-Жуге и в области покоя;
 - 1.2) отражение ПД от абсолютно жесткой стенки и ударника;
 - 1.3) параметры УВ в газе при метании ударника ПД;
 - 1.4) возбуждение УВ при соударении ударника с жесткой пластиной;
 - 1.5) переход ударной волны из одной среды в другую;

РГР представляется в печатной форме. Защитой РГР служит:

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

Основой для положительной защиты РГР является достижение студентом знаний на уровне не менее 60% по теоретическим материалам пройденного курса. Для оценки достигнутого уровня знаний преподавателем задается не менее 4 вопросов и осуществляется контроль корректности и верности ответов студента.

Контроль посещаемости

Оценивается посещение только лекционных занятий.

В зачет идут только подкрепленные конспектом лекций посещенные занятия.

Выделяется четыре уровня посещаемости:

- 1 - 90-100%
- 2 - 75-90%
- 3 - 60-75%
- 4 - ниже 60%

Каждый уровень посещаемости соответствует баллу, указанному в технологической карте дисциплины. Оработка пропущенных занятий не предусмотрена.

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 (ρ_1/ρ_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 Гюгонно 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.

Экзамен

В седьмом семестре промежуточный контроль проходит в форме устного экзамена по билетам, содержащим 2 вопроса.

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	5	4	1	6	4	4	Расчетно-графическая работа
4	7	Раздел 2. Решение одномерных изоэнтропических уравнений газовой динамики. Простые волны.	13	6	4	2	7	12	12	Расчетно-графическая работа
4	7	Раздел 3. Теория ударных волн.	11	6	4	2	5	12	12	Расчетно-графическая работа
4	7	Раздел 4. Теория детонационных волн.	14	6	4	2	8	12	12	Расчетно-графическая работа
4	7	Раздел 5. Начальные параметры ударных волн на границе раздела сред.	12	6	4	2	6	12	12	Расчетно-графическая работа
4	7	Раздел 6. Расчет поля взрыва в различных средах.	13	6	4	2	7	12	12	Расчетно-графическая работа
4	7	Раздел 7. Особенности действия взрыва и удара в твердых средах.	12	6	4	2	6	12	12	Расчетно-графическая работа
4	7	Раздел 8. Метание тел продуктами детонации.	13	6	4	2	7	12	12	Расчетно-графическая работа
4	7	Раздел 9. Кумулятивное действие взрыва.	9	4	2	2	5	12	12	Вопросы к экзамену, Контроль посещаемости, Расчетно-графическая работа
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	

Оценочные материалы по дисциплине ФИЗИКА ВЗРЫВА И УДАРА

ОПК-11 - Способен ориентироваться в проблемных ситуациях и решать сложные вопросы проектирования, производства, испытания и эксплуатации боеприпасов и взрывателей различного типа и назначения

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Каким образом для случая детонации ВВ на жесткой подстилающей поверхности рассчитывают параметры взрыва в воздухе по формуле М.А. Садовского?
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
В чем заключается основная особенность взрыва в воде по сравнению со взрывом в воздухе?
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие
Поставьте в соответствие вид взрывчатого вещества из левого столбца и назначение из правого столбца.

Вид взрывчатого вещества	Назначение
1. Иницирующие ВВ	А. Применение в трассерах
2. Бризантные ВВ	Б. Применение в качестве пороховых зарядов
3. Метательные ВВ	В. Возбуждение детонации основных (вторичных) ВВ
4. Пиротехнические составы	Г. Применение в качестве разрывных зарядов

- № 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Как называется область, массовая скорость продуктов детонации в которой равна нулю?
Запишите номер выбранного ответа без точки и обоснование выбора.

1. область покоя
2. фронт детонационной волны
3. фронт ударной волны
4. невозмущенная среда

- № 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Как называется масса ВВ, энергия которой расходуется на совершение полезной механической работы? Запишите номер выбранного ответа без точки и обоснование выбора.

1. активная масса
2. эквивалентная масса
3. масса взрывчатого вещества
4. пассивная масса

- № 6 Прочитайте текст и установите соответствие
Поставьте в соответствие особенности взрывчатого превращения из левого столбца и вид взрывчатого вещества из правого столбца.

Особенности взрывчатого превращения	Вид взрывчатого вещества
1. Большой период нарастания скорости	А. Иницирующие ВВ

процесса
детонации

2. Горение

является

характерным
механизмом

взрывчатого
разложения

Б. Бризантные ВВ

3. Способность

детонировать

под влиянием

незначительных

тепловых или

механических

внешних

воздействий

В. Метательные ВВ

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Чем обеспечивается наибольший вклад в скорость разлета поражающих элементов осколочных боеприпасов? Запишите номер выбранного ответа без точки и обоснование выбора.

1. ударно-волновыми процессами в корпусе боеприпаса
2. расширением продуктов детонации
3. высокой температурой продуктов детонации
4. выбором точек инициирования и направлением распространения детонации в боеприпасе

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие из перечисленных факторов учитываются в инженерных расчётах скорости оболочки, разгоняемой продуктами детонации? Запишите номера выбранных ответов без пробелов и точек и обоснование выбора.

1. прочность оболочки
2. масса оболочки
3. масса заряда ВВ
4. параметры детонации ВВ
5. геометрия оболочки и заряда ВВ

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Укажите правильные утверждения. При разгоне контактным взрывом скорость оболочки конечной жесткости возрастает до максимального значения:

1. монотонно
2. циклически
3. практически мгновенно
4. асимптотически

Запишите номера выбранных ответов без пробелов и точек и обоснование выбора

№ 10 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите в правильном порядке стадии развития процесса при высокоскоростном соударении твердых тел. Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо без пробелов и точек.

1. распространение волн разгрузки и откольное разрушение
2. затухание упругих колебаний и остаточная деформация
3. начальный контакт и возникновение ударных волн сжатия, расходящихся от точки контакта
4. пластическое течение материала в зоне контакта, образование кратера

№ 11 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность физических процессов, происходящих при взрыве сосредоточенного заряда в воздухе. Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо без пробелов и точек.

1. Движение продуктов детонации со сверхзвуковой скоростью
2. Образование ударной волны под действием продуктов детонации
3. Отрыв ударной волны от границы расширяющихся продуктов детонации
4. Образование продуктов детонации

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие допущения используются в методе акустического приближения при расчете параметров во фронте ударных волн? Запишите номера выбранных ответов без пробелов и точек и обоснование выбора.

1. скорость распространения ударной волны принимается равной скорости звука в невозмущенной среде
2. скорость распространения ударной волны принимается равной скорости звука в возмущенной среде
3. скорость распространения ударной волны принимается равной массовой скорости среды
4. энтропия не увеличивается на фронте ударной волны
5. энтропия увеличивается скачкообразно на фронте ударной волны
6. энтропия увеличивается плавно на фронте ударной волны

№ 13 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Укажите верные условия. При торможении продуктов детонации о пластину, слева и справа от границы раздела (контакта)...

1. давления одинаковы
2. приращения давлений (величина скачка) одинаковы
3. температуры одинаковы
4. массовые скорости одинаковы
5. приращения массовых скоростей (величина скачка) одинаковы
6. плотности одинаковы

Запишите номера выбранных ответов без пробелов и точек и обоснование выбора.

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

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Активная масса это

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

С чем связан существующий характер изменения скорости при разгоне пластины конечной жесткости контактным взрывом?

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

Укажите соответствие между режимом детонации из левого столбца и соотношением для скорости детонационной волны D , массовой скорости u и скорости звука C к моменту завершения реакции взрывчатого превращения.

Режим детонации	Соотношение
1. Нормальный режим детонации	А. $D > C + u$
2. Недосжатый режим детонации	Б. $D = C + u$
3. Пересжатый	В. $D < C + u$

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

Укажите соответствие между формой оболочки из левого столбца и коэффициентом ее формы ψ из правого столбца.

Форма оболочки	Коэффициент формы ψ
----------------	--------------------------

1. Сферическая	А. 4
----------------	------

2. Цилиндрическая	Б. 10/3
-------------------	---------

3. Пластина	В. 6
-------------	------

№ 5 Прочитайте текст и установите последовательность

Укажите характерные этапы, сопровождающиеся при распространении ударной волны в воздушной среде. Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо без пробелов и точек.

1. Фаза сжатия
2. Ударное сжатие
3. Инерционное колебание
4. Фаза разрежения

№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность

Укажите последовательность состояний при возбуждении детонации в конденсированном ВВ, в зоне химической реакции и продуктах детонации на p - w диаграмме. Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо без пробелов и точек.

1. начальное состояние p_0
2. переход по адиабате Пуассона до p_0
3. переход по прямой Михельсона до точки химического пика pxp
4. переход по прямой Михельсона до точки Жуге pH

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какой режим детонации будет реализован в заряде тротила при инициировании взрыва зарядом гексогена? Запишите номер выбранного ответа без точки и обоснование выбора.

1. стационарная детонация
2. пересжатая детонация
3. горение
4. недосжатая детонация
5. дефлаграция

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

В трубе заполненной газом движется поршень. Укажите необходимые и достаточные условия образования ударных волн в газе. Запишите номера выбранных ответов без пробелов и точек и обоснование выбора.

1. поршень выдвигается из трубы с постоянной скоростью
2. поршень выдвигается из трубы с ускорением
3. поршень вдвигается в трубу с постоянной скоростью
4. поршень вдвигается в трубу с ускорением

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Укажите основные поражающие факторы ударной волны при воздействии на строительные конструкции. Запишите номера выбранных ответов без пробелов и точек и обоснование выбора.

1. давление за фронтом ударной волны

2. температура за фронтом ударной волны
3. давление в фазе сжатия
4. температура в фазе сжатия
5. избыточное давление за фронтом ударной волны
6. импульс фазы сжатия
7. длительность фазы сжатия

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Укажите верные заключения. Теория гидродинамической детонации:

1. используется для описания детонации только жидких ВВ
2. позволяет связывать параметры исходного ВВ с параметрами продуктов детонации в плоскости Чепмена-Жуге
3. исключает из рассмотрения зону химической реакции
4. позволяет рассматривать недосжатый и пересжатый режимы детонации

Запишите номера выбранных ответов без пробелов и точек и обоснование выбора.

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какой режим детонации будет реализован в заряде гексогена при инициировании взрыва зарядом тротила? Запишите номер выбранного ответа без точки и обоснование выбора.

1. стационарная детонация
2. пересжатая детонация
3. горение
4. недосжатая детонация
5. дефлаграция

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Укажите ударно-волновую картину при переходе ударной волны из алюминия в сталь. Запишите номер выбранного ответа без точки и обоснование выбора.

1. в стали возбуждается ударная волна, в алюминии - ударная волна
2. в стали возбуждается ударная волна, в алюминии - волна разгрузки
3. в стали возбуждается волна разгрузки, в алюминии - волна разгрузки
4. в стали возбуждается волна разгрузки, в алюминии - ударная волна

№ 13 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Укажите ударно-волновую картину при переходе ударной волны из стали в алюминий. Запишите номер выбранного ответа без точки и обоснование выбора.

1. в стали возбуждается ударная волна, в алюминии - ударная волна
2. в стали возбуждается ударная волна, в алюминии - волна разгрузки
3. в стали возбуждается волна разгрузки, в алюминии - волна разгрузки
4. в стали возбуждается волна разгрузки, в алюминии - ударная волна