

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

Суслин А. В.
(подпись) ФИО

31.05.2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ФИЗИКА ВЗРЫВА И УДАРА

Направление/специальность подготовки	17.05.01 Боеприпасы и взрыватели
Специализация/профиль/программа подготовки	Боеприпасы 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)	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)								ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
				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	17	17	40	0	18	22	диф. зач.
4	8	4	144	68	34	17	17	76	0	18	58	экз.
ВСЕГО		7	252	136	68	34	34	116	0	36	80	

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

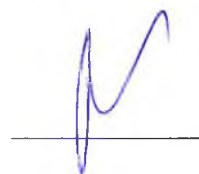
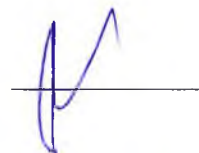
Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **ЕЗ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСЫ**

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

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

ЕЗ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСЫ

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



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:

17.05.01 (ЕЗ)	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
17.05.01 (ЕЗ)	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
17.05.01 (ЕЗ)	ПСК-20 — способность 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
17.05.01 (ЕЗ)	ПСК-26 — способность 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

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-12 (17.05.01, ЕЗ)

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:

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

ОПК-12 (17.05.01, ЕЗ)

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:

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

ПСК-20 (17.05.01, ЕЗ)

знания:

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

особенностей моделирования взрывных и ударных явлений;

умения:

применять существующие расчетные методы для решения задач физики взрыва и удара;

навыки:

расчета процессов взрыва и удара с использованием современного программного обеспечения;

записи основных уравнений, граничных и начальных условий в форме, пригодных для последующего численного моделирования.

ПСК-26 (17.05.01, ЕЗ)

знания:

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

особенностей моделирования взрывных и ударных явлений;

умения:

применять существующие расчетные методы для решения задач физики взрыва и удара;

навыки:

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 направлениям: 17.05.01 Боеприпасы и взрыватели, 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: **БОЕВАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСОВ, КОНСТРУКЦИИ И ДЕЙСТВИЕ БОЕПРИПАСОВ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ГАЗОДИНАМИКА.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ПСК-25 — Способен ориентироваться в многообразии современных образцов боеприпасов, взрывателей, систем артиллерийского и ракетного вооружения, демонстрировать знание их технических характеристик и конструктивных особенностей, применяемых материалов и технологий

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 з.е., 252 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	Практические занятия		ОПК-12 (17.05.01)	ОПК-12 (17.05.01)	ПСК-20 (17.05.01)	ПСК-26 (17.05.01)
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.	17	9	6	0	3	8	10	5	5	7
4	7	Раздел 2. Решение одномерных изотропических 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.	18	10	4	4	2	8	5	10	5	5
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.	23	15	8	4	3	8	10	10	10	10
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 изоэнтропы 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.	25	17	8	4	5	8	12	10	10	8
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.	25	17	8	5	4	8	9	10	10	7
Всего за 7 семестр			108	68	34	17	17	40	46	45	40	37
4	8	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.	31	15	8	3	4	16	12	12	12	12
4	8	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.	31	16	8	4	4	15	12	12	12	12
4	8	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.	32	17	8	5	4	15	12	12	15	12
4	8	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	31	16	8	5	3	15	12	7	9	15

		взрывом компактных ударников. Влияние технологии изготовления кумулятивных зарядов на эффективность бронепробития.										
4	8	Раздел 10. Элементы теории моделирования взрывных процессов. Алгоритм моделирования процессов взрыва. Моделирование процессов взрыва в воздухе. Методы обработки опытных данных. Приближенный способ моделирования (геометрическое моделирование) сложных систем.	19	4	2	0	2	15	6	12	12	12
Всего за 8 семестр			144	68	34	17	17	76	54	55	60	63
Всего по дисциплине			252	136	68	34	34	116	100	100	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	1
3		Ускоренное и равномерное выдвигание поршня из трубы, заполненной газом. Истечение газа в вакуум	1
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	Раздел 4. Теория детонационных волн.	Расчет параметров детонации газообразных и конденсированных взрывчатых веществ	1
7		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
Всего за 7 семестр			17
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	Раздел 7. Особенности действия взрыва и удара в твердых средах.	Действие взрыва на металлическую преграду	2
14		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
19	Раздел 10. Элементы теории моделирования взрывных процессов.	Основы подхода для моделирования ударных и взрывных явлений	2
Всего за 8 семестр			17

3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Введение. Уравнения движения сплошных сред.	Исследование детонационной адиабаты при различном энергоподводе	0
2	Раздел 2. Решение одномерных изэнтропических уравнений газовой динамики. Простые волны.	Отображение ударных волн разрежения и контактной линии образующейся при распаде разрыва параметров двух различных однородных состояний газа	4
3	Раздел 3. Теория ударных волн.	Воздействие продуктов детонации на стенку	4
4	Раздел 4. Теория детонационных волн.	Исследование детонационной адиабаты при различном энергоподводе	4

5	Раздел 5. Начальные параметры ударных волн на границе раздела сред.	Численное решение задачи о взаимодействии ударной волны со стенкой	5
Всего за 7 семестр			17
6	Раздел 6. Расчет поля взрыва в различных средах.	Взрыв конденсированного ВВ в воздухе и воде	3
7	Раздел 7. Особенности действия взрыва и удара в твердых средах.	Переход ударной волны из одной среды в другую	4
8	Раздел 8. Метание тел продуктами детонации.	Метание жесткой пластины продуктами взрыва конденсированного ВВ	5
9	Раздел 9. Кумулятивное действие взрыва.	Исследование различных подходов для решения задачи кумуляции	5
Всего за 8 семестр			17

3.4. 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	2
3		Выполнение этапа курсовой работы	3
4	Раздел 2. Решение одномерных изоэнтропических уравнений газовой динамики. Простые волны.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	2
5		Подготовка исходных данных к лабораторной работе	2
6		Выполнение этапа курсовой работы	4
7	Раздел 3. Теория ударных волн.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	2
8		Подготовка исходных данных к лабораторной работе	2
9		Выполнение этапа курсовой работы	4
10	Раздел 4. Теория детонационных волн.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	2
11		Подготовка исходных данных к лабораторной работе	2
12		Выполнение этапа курсовой работы	4
13	Раздел 5. Начальные параметры ударных волн на границе раздела сред.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	3
14		Подготовка исходных данных к лабораторной работе	2
15		Выполнение этапа курсовой работы	3
Всего за 7 семестр			40
16	Раздел 6. Расчет поля взрыва в различных средах.	Выполнение этапа курсовой работы	3
17		Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	8
18		Подготовка исходных данных к лабораторной работе, ознакомление с программным обеспечением	5
19	Раздел 7. Особенности действия взрыва и удара в твердых средах.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	7
20		Выполнение этапа курсовой работы	4
21		Подготовка исходных данных к лабораторной работе, ознакомление с программным обеспечением	4
22	Раздел 8. Метание тел продуктами детонации.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	7
23		Подготовка исходных данных к лабораторной работе, ознакомление с программным обеспечением	4
24		Выполнение этапа курсовой работы	4
25	Раздел 9. Кумулятивное действие взрыва.	Самостоятельное изучение теоретического	7

		материала по рекомендуемой литературе	
26		Подготовка исходных данных к лабораторной работе, ознакомление с программным обеспечением	4
27		Выполнение этапа курсовой работы	4
28		Выполнение этапа курсовой работы	3
29	Раздел 10. Элементы теории моделирования взрывных процессов.	Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	9
30		Выполнение типового расчета	3
Всего за 8 семестр			76

3.5. Курсовая работа (7 семестр)

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Сбор исходных данных	1 - 3	2
Этап 2. Проведение расчетов	4 - 11	10
Этап 3. Анализ результатов	12 - 13	3
Этап 4. Оформление пояснительной записки и подготовка к защите	14 - 16	3
Всего за 7 семестр		18

3.6. Курсовая работа (8 семестр)

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Сбор исходных данных	1 - 3	2
Этап 2. Проведение расчетов	4 - 11	10
Этап 3. Анализ результатов	12 - 13	3
Этап 4. Оформление пояснительной записки и подготовка к защите	14 - 16	3
Всего за 8 семестр		18

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				ЛР		ДР			ЛР	ДР		ЛР			ЛР, КР	ДР	Вопр. Диф. Зач, диф. зач.
8				ЛР		ДР			ЛР	ДР		ЛР			ЛР, КР	ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- КР – курсовая работа;
- Вопр. Диф. Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- курсовая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет;
- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. Б. Л. Глушак. . Физика взрыва. Саратов: 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. Лабораторные занятия:

1. Mathcad Prime 3.1.

6.4. 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 направлениям: 17.05.01 Боеприпасы и взрыватели, 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-12 (17.05.01) 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;

ОПК-12 (17.05.01) 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;

ПСК-20 (17.05.01) способность 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;

ПСК-26 (17.05.01) способность 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.

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 аналитическими и численными методами расчета взрывного воздействия, владения инженерными методиками решения задач в области физики взрыва и удара.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- курсовая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет;
- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 7 з.е., 252 ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**68 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**116 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 252 ч., из них 136 ч. аудиторных занятий, и 116 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	Б. Л. Глушак. . Физика взрыва: Саратов: Изд-во РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2008 (1) Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (1)	3
Выполнение типового расчета	Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (1,2)	2
Выполнение этапа курсовой работы		3
Итого по разделу 1		8
Раздел 2. Решение одномерных изэнтропических уравнений газовой динамики. Простые волны.		
Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	Б. Л. Глушак. . Физика взрыва: Саратов: Изд-во РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2008 (2) Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (3)	2
Подготовка исходных данных к лабораторной работе	Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (2,5)	2
Выполнение этапа курсовой работы		4
Итого по разделу 2		8
Раздел 3. Теория ударных волн.		
Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	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
Подготовка исходных данных к лабораторной работе	Б. Л. Глушак. . Физика взрыва: Саратов: Изд-во РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2008 (3)	2
Выполнение этапа курсовой работы		4
Итого по разделу 3		8
Раздел 4. Теория детонационных волн.		
Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе	Б. Л. Глушак. . Физика взрыва: Саратов: 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)	2
Подготовка исходных данных к лабораторной работе	Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (4)	2
Выполнение этапа курсовой работы		4
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: Саратов: Изд-во РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2008 (5)	3
Подготовка исходных данных к лабораторной работе	Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (6)	2
Выполнение этапа курсовой работы		3

Итого по разделу 5		8
Раздел 6. Расчет поля взрыва в различных средах.		
Выполнение этапа курсовой работы	Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (7,8) Н. П. Михайлов. . Основы математического моделирования процессов взрыва и удара: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (7)	3
Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе		8
Подготовка исходных данных к лабораторной работе, ознакомление с программным обеспечением		5
Итого по разделу 6		16
Раздел 7. Особенности действия взрыва и удара в твердых средах.		
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)	7
Выполнение этапа курсовой работы		4
Подготовка исходных данных к лабораторной работе, ознакомление с программным обеспечением		4
Итого по разделу 7		15
Раздел 8. Метание тел продуктами детонации.		
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 (8,10.4) Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (10)	7
Подготовка исходных данных к лабораторной работе, ознакомление с программным обеспечением		4
Выполнение этапа курсовой работы		4
Итого по разделу 8		15
Раздел 9. Кумулятивное действие взрыва.		
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)	7
Подготовка исходных данных к лабораторной работе, ознакомление с программным обеспечением		4
Выполнение этапа курсовой работы		4
Итого по разделу 9		15
Раздел 10. Элементы теории моделирования взрывных процессов.		
Выполнение этапа курсовой работы	Л. П. Орленко. . Физика взрыва и удара: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (9)	3
Самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе		9
Выполнение типового расчета		3
Итого по разделу 10		15

ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- курсовая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену;
- дифференцированный зачет;
- 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.

Курсовая работа

Курсовая работа представляется в печатной форме. Прием курсовой работы оформляется после ее защиты. Защита курсовой работы проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. Варианты заданий представлены в УМК дисциплины.

Правильное оформление пояснительной записки и верные своевременные ответы студента на вопросы преподавателя являются основанием для приема курсовой работы. Защита курсовой работы оценивается оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «не защитил».

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

- оценки «отлично» по итогам защиты курсовой работы заслуживает студент, обнаруживший при ответах на вопросы всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, выполнивший курсовую работу без ошибок и в полном объеме, представивший пояснительную записку оформленную в соответствии с действующими требованиями;
- оценки «хорошо» по итогам защиты курсовой работы заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, выполнивший курсовую работу без ошибок и в полном объеме, представивший пояснительную записку содержащую незначительные отступления от действующих требований и погрешности оформления;
- оценки «удовлетворительно» по итогам защиты курсовой работы заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, выполнивший курсовую работу без ошибок и в полном объеме, представивший пояснительную записку содержащую серьезные отступления от действующих требований и существенные погрешности оформления;
- оценка «не защитил» по итогам защиты курсовой работы выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала и материалов представленной им курсовой работы, допустившему принципиальные ошибки при ответах на вопросы преподавателя. Как правило, оценка «не защитил» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании Университета без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Вопросы к дифференцированному зачету

1. При каком условии невозможно образования простых волн в газах?
2. При каком движении поршня, выдвигаемого из заполненной газом трубы, в газе образуется центрированная волна разряжения?
3. При каком движении поршня, движущегося в заполненной газом трубе, в газе возможно образование ударных волн?
4. Какой вид имеет закон сохранения массы на фронте ударной волны?
5. Какой вид имеет закон сохранения импульса на фронте ударной волны?
6. Какой вид имеет закон сохранения энергии на фронте ударной волны в совершенном идеальном газе?
7. Что такое ударная волна?
8. Как изменится энтропия газа при переходе через фронт ударной волны?
9. Во сколько раз может быть сжат газ при неограниченном возрастании давления на фронте ударной волны (сильная волна), если коэффициент Пуассона газа $k=1,4$?
10. Сформулируйте первый закон термодинамики.

11. Сформулируйте второй закон термодинамики.
12. Что такое адиабата Пуассона?
13. Что такое ударная адиабата Гюгонио?
14. Что такое прямая Михельсона?
15. Что такое точка Жуге и плоскость Чепмена-Жуге?
16. Что такое детонационная волна?
17. В чем смысл гидродинамической теории детонации?
18. Что такое взрыв?
19. Что такое горение?
20. Что такое детонация?
21. В чем сходства и отличие горения и детонации?
22. Укажите основную классификацию ВВ.
23. Запишите условие Чепмена-Жуге.
24. Что такое нормальный режим детонации?
25. В чем отличия пересжатого и нормального режима детонации?
26. В чем отличия недосжатого и нормального режима детонации?
27. Что такое абсолютная жесткая стенка?
28. В чем смысл акустического приближения при расчете параметров УВ?
29. Что такое акустическая жесткость материала?
30. Что такое динамическая жесткость материала?
31. Почему невозможно существование ударных волн разряжения?
32. Что такое зона химической реакции?
33. Что такое давление химического пика или давление Неймана?
34. При каком значении показателя политропы продуктов детонации $x-t$ характеристики в решении дифференциальных уравнений будут прямыми?
35. Что такое критический диаметр детонации?
36. Что такое предельный диаметр детонации?
37. Какие свойства энергетических материалов (ВВ) необходимы и достаточны для возбуждения взрыва?
38. Что такое бризантность?
39. Что такое фугасность?
40. Что такое массовая скорость?
41. Как изменяется массовая скорость свободной поверхности преграды при выходе на нее ударной волны?
42. Какие случаи распада разрыва при переходе УВ из одной среды в другую бывает?

Лабораторная работа

Лабораторные работы представляются в электронной форме. Защита лабораторных работ проходит в форме доклада студента о выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя из перечня вопросов для лабораторных работ, представленных в УМК дисциплины.

Допуском к защите лабораторной работы студентом служит:

- наличие программной реализации по выполненной лабораторной работе;
- соответствие варианта задания, отсутствие явных ошибок в расчетах;
- наличие необходимых разделов и графического материала;
- способность дать развернутый комментарий по полученным результатам.

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

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 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 оболочки 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.

Дифференцированный зачет

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.

Допуском к дифференцированному зачету служит защита всех предусмотренных рабочей программой лабораторных работ текущего семестра.

Основной для определения оценки дифференцированного зачета служит количество правильных ответов на вопросы из перечня заданных преподавателем, количество которых не более 5:

- оценка «отлично» - при ответе на 4 вопроса;
- оценка «хорошо» - при ответе на 3 вопроса;
- оценка «удовлетворительно» - при ответе на 2 вопроса;
- оценки «не зачтено» в иных случаях.

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 всех предусмотренных рабочей программой лабораторных работ текущего семестра.;

- 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 всех предусмотренных рабочей программой лабораторных работ текущего семестра.;

- 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 всех предусмотренных рабочей программой лабораторных работ текущего семестра.;

- 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.

Паспорт фонда оценочных средств

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	Практические занятия		ОПК-12 (17.05.01)	ОПК-12 (17.05.01)	ПСК-20 (17.05.01)	ПСК-26 (17.05.01)	
4	7	Раздел 1. Введение. Уравнения движения сплошных сред.	17	9	6	0	3	8	10	5	5	7	Курсовая работа, Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 2. Решение одномерных изохронических уравнений газовой динамики. Простые волны.	18	10	4	4	2	8	5	10	5	5	Вопросы к дифференцированному зачету, Лабораторная работа, Курсовая работа
4	7	Раздел 3. Теория ударных волн.	23	15	8	4	3	8	10	10	10	10	Курсовая работа, Вопросы к дифференцированному зачету, Лабораторная работа
4	7	Раздел 4. Теория детонационных волн.	25	17	8	4	5	8	12	10	10	8	Курсовая работа, Лабораторная работа, Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 5. Начальные параметры ударных волн на границе раздела сред.	25	17	8	5	4	8	9	10	10	7	Лабораторная работа, Курсовая работа, Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 7 семестр			108	68	34	17	17	40	46	45	40	37	
4	8	Раздел 6. Расчет поля взрыва в различных средах.	31	15	8	3	4	16	12	12	12	12	Лабораторная работа, Курсовая работа, Вопросы к экзамену
4	8	Раздел 7. Особенности действия взрыва и удара в твердых средах.	31	16	8	4	4	15	12	12	12	12	Курсовая работа, Лабораторная работа, Вопросы к экзамену
4	8	Раздел 8. Метание тел продуктами детонации.	32	17	8	5	4	15	12	12	15	12	Курсовая работа, Лабораторная работа, Вопросы к экзамену
4	8	Раздел 9. Кумулятивное действие взрыва.	31	16	8	5	3	15	12	7	9	15	Курсовая работа, Лабораторная работа, Вопросы к экзамену

4	8	Раздел 10. Элементы теории моделирования взрывных процессов.	19	4	2	0	2	15	6	12	12	12	Курсовая работа, Лабораторная работа, Вопросы к экзамену
Всего за 8 семестр			144	68	34	17	17	76	54	55	60	63	
Всего по дисциплине			252	136	68	34	34	116	100	100	100	100	