

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

Направление/специальность подготовки	24.03.05 Двигатели летательных аппаратов
Специализация/профиль/программа подготовки	Авиационная и ракетно-космическая теплотехника
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

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	8	3	108	39	13	0	26	69	0	0	69	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.03.05 Двигатели летательных аппаратов

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА  
Брыков Никита Александрович, к.т.н., доцент, доцент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫХ ПРОЦЕССОВ**

**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:

ПК-1.2 — Способен разрабатывать физические и математические модели процессов, а также выполнять расчеты параметров рабочего процесса, теплового состояния и характеристик двигателей и энергоустановок летательных аппаратов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-1.2**

*знания:*

на уровне представлений: основы численных методов; основные законы физики, химии;

на уровне воспроизведения: методы моделирования высокоинтенсивных процессов, в которых имеет место быстрое изменение параметров.

на уровне понимания: принципы применения современных информационных технологий в науке и предметной деятельности;

*умения:*

теоретические: строить математические модели физических явлений, химических процессов; использовать математический аппарат и информационные технологии при изучении естественнонаучных дисциплин;

практические: анализировать результаты вычислительного эксперимента с привлечением методов математической статистики и информационных технологий; использовать математический аппарат и информационные технологии при изучении естественнонаучных дисциплин;

*навыки:*

владения основными аналитическими и численными методами решения алгебраических и дифференциальных уравнений и их систем; основными методами теоретического и численного исследования физических и химических явлений, методами поиска и обработки информации как вручную, так и с применением современных информационных технологий.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫХ ПРОЦЕССОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.05 Двигатели летательных аппаратов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники

### 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, % ПК-1.2
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		
4	8	Раздел 1. Газовые смеси. Процессы переноса. Математические модели в кинетике. Газовые смеси. Параметры и явления переноса. Термодинамика высокоинтенсивного переноса. Кинетика горения. Цепные реакции. Математические модели кинетических процессов. Жесткие системы дифференциальных уравнений, как модели кинетических процессов. Быстрые и медленные переменные. Методы интегрирования жестких систем.	28	12	4	8	16	20
4	8	Раздел 2. Подвод энергии в поток газа. Газовая детонация. Подвод энергии в поток газа. Дефлаграция и детонация. Сверхзвуковое горение. Газовая детонация. Гидродинамическая теория детонации. Условие Жуге. Модель Зельдовича - Деринга - Неймана. Структура и механизмы распространения детонационной волны.	27	9	3	6	18	20
4	8	Раздел 3. Детонация конденсированных взрывчатых веществ. Математические модели детонационных процессов. Численное моделирование детонации. Импульсные модели действия взрыва. Работа взрыва на выброс. Подводный и подземный взрывы. Взрыв в воздухе.	26	8	2	6	18	20
4	8	Раздел 4. Явления неограниченной кумуляции. Кумулятивный эффект в процессах пробития. Классификация явлений проникания. Кавитационные механизмы и кавитационная эрозия.	11	4	2	2	7	20
4	8	Раздел 5. Высокоинтенсивные процессы в современных технологиях. Обзор явлений, моделей и перспектив.	16	6	2	4	10	20
Всего за 8 семестр			108	39	13	26	69	100
Всего по дисциплине			108	39	13	26	69	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Газовые смеси. Процессы переноса.	- Газовые смеси в состоянии равновесия. - Термодинамические характеристики смеси. Константа равновесия. - Механизм реакции. Цепные реакции. - Модель параметра индукции. Кинетика горения метана.	8
2	Раздел 2. Подвод энергии в поток газа. Газовая детонация.	- Фронт реакции и зона реакции. Структура детонационной волны. Детонационная адиабата. - Математическое моделирование процессов горения и детонации в газовых и многофазных смесях. - Применение детонационных процессов в технике.	6
3	Раздел 3. Детонация конденсированных взрывчатых веществ.	- Детонация конденсированных ВВ. Метательное действие взрыва. - ВВ и их применение. - Подводный взрыв. Пульсации газового пузыря.	6
4	Раздел 4. Явления неограниченной кумуляции.	- Гидродинамическая модель проникания.	2
5	Раздел 5. Высокоинтенсивные процессы в современных технологиях.	- Воздействие лазерного излучения на материалы. - Внутренняя баллистика ствольной системы	4
Всего за 8 семестр			26

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Газовые смеси. Процессы переноса.	Изучение студентами теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение практического задания №1 на тему «Горение предварительно перемешанных газовых смесей».	6
2		Выполнение практического задания №1	10
3	Раздел 2. Подвод энергии в поток газа. Газовая детонация.	Изучение студентами теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение практического задания №2 на тему «Математическое моделирование процессов детонации в газовых смесях».	6
4		Выполнение практического задания №2	12
5	Раздел 3. Детонация конденсированных взрывчатых веществ.	Изучение студентами теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение практического задания №3 на тему «Детонация конденсированных ВВ и метание тел продуктами детонации».	8
6		Выполнение практического задания №3	10
7	Раздел 4. Явления неограниченной кумуляции.	Изучение студентами теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям.	7
8	Раздел 5. Высокоинтенсивные процессы в современных технологиях.	Изучение студентами теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение практического задания №4 на тему «Внутренняя баллистика ствольной системы».	10
Всего за 8 семестр			69

### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР		НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
8			Отч. по ПЗ		Отч. по ПЗ	ДР		Отч. по ПЗ		ДР	КВ		диф. зач.	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- КВ – контрольные вопросы;

- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- отчет по практическому заданию;
- контрольные вопросы.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. В. Андреев, А. В. Гуськов, К. Е. Милевский. . Теория горения и взрыва: высокоэнергетические материалы. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
2. В. Н. Емельянов, В. А. Анисимов, И. В. Тетерина. . Моделирование высокоинтенсивных процессов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.
3. В. Ф. Захаренков. . Внутренняя баллистика и автоматизация проектирования артиллерийских орудий. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, 39 экз.
4. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Моделирование высокоинтенсивных процессов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, эл. рес.
5. П. П. Кукин, В. В. Юшин, С. Г. Емельянов. Теория горения и взрыва. Москва: Юрайт, 2019, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
3. <https://ibooks.ru/> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
4. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
5. <https://repository.library.voenmeh.ru/jspui/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
6. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=474](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474) — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### Современные профессиональные базы данных:

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

### Информационные справочные системы:

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

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Matlab 2015a SP1.

### 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. Проектор;
2. Matlab 2015a SP1.

### **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 **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫХ ПРОЦЕССОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.05 Двигатели летательных аппаратов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-1.2 Способен разрабатывать физические и математические модели процессов, а также выполнять расчеты параметров рабочего процесса, теплового состояния и характеристик двигателей и энергоустановок летательных аппаратов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изложением теоретических основ и навыков моделирования газодинамических и тепломассообменных процессов в аэрокосмической технике, протекающих в условиях высокой интенсивности и взаимовлияния факторов различной физической природы.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- отчет по практическому заданию;
- контрольные вопросы.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**13 ч.**), практические занятия (**26 ч.**), самостоятельная работа студента (**69 ч**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 39 ч. аудиторных занятий, и 69 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. Газовые смеси. Процессы переноса.</b>		
Изучение студентами теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение практического задания №1 на тему «Горение предварительно перемешанных газовых смесей».	П. П. Кукин, В. В. Юшин, С. Г. Емельянов. Теория горения и взрыва: Москва: Юрайт, 2019 (1, 2) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Моделирование высокоинтенсивных процессов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (1) В. Н. Емельянов, В. А. Анисимов, И. В. Тетерина. . Моделирование высокоинтенсивных процессов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1)	6
Выполнение практического задания №1		10
Итого по разделу 1		16
<b>Раздел 2. Подвод энергии в поток газа. Газовая детонация.</b>		
Изучение студентами теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение практического задания №2 на тему «Математическое моделирование процессов детонации в газовых смесях».	В. Н. Емельянов, В. А. Анисимов, И. В. Тетерина. . Моделирование высокоинтенсивных процессов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1)	6
Выполнение практического задания №2		12
Итого по разделу 2		18
<b>Раздел 3. Детонация конденсированных взрывчатых веществ.</b>		
Изучение студентами теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение практического задания №3 на тему «Детонация конденсированных ВВ и метание тел продуктами детонации».	В. В. Андреев, А. В. Гуськов, К. Е. Милевский. . Теория горения и взрыва: высокоэнергетические материалы: Москва: Юрайт, 2020 (2-3) В. Н. Емельянов, В. А. Анисимов, И. В. Тетерина. . Моделирование высокоинтенсивных процессов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (7.1 - 7.4)	8
Выполнение практического задания №3	П. П. Кукин, В. В. Юшин, С. Г. Емельянов. Теория горения и взрыва: Москва: Юрайт, 2019 (2-3)	10
Итого по разделу 3		18
<b>Раздел 4. Явления неограниченной кумуляции.</b>		
Изучение студентами теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям.	В. Н. Емельянов, В. А. Анисимов, И. В. Тетерина. . Моделирование высокоинтенсивных процессов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (10)	7
Итого по разделу 4		7
<b>Раздел 5. Высокоинтенсивные процессы в современных технологиях.</b>		
Изучение студентами теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение практического задания №4 на тему «Внутренняя баллистика ствольной системы».	В. Ф. Захаренков. . Внутренняя баллистика и автоматизация проектирования артиллерийских орудий: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (1 - 3) В. Н. Емельянов, В. А. Анисимов, И. В. Тетерина. . Моделирование высокоинтенсивных процессов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (12 - 13)	10
Итого по разделу 5		10

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- отчет по практическому заданию;
- контрольные вопросы;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

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

#### Отчет по практическому заданию

Отчет по практическому заданию (ПЗ)

Отчет по ПЗ представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по ПЗ. Отчет по ПЗ должен содержать:

- постановку задачи, математическую модель и основные расчетные соотношения используемых методов решения;
- схему расчетной области с характеристиками сетки, краевыми и начальными условиями, реализованными в решаемом варианте;
- графическое представление полученных результатов;
- содержание исследовательского задания, результаты вычислительного моделирования, анализ и выводы по проведенным исследованиям.

#### Защита ПЗ

Защита ПЗ проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. Процедура защиты включает ответы на вопросы преподавателя по работе и разделу курса. В ходе защиты ПЗ обучающиеся должны продемонстрировать знания, умения и навыки:

- культуру речи при изложении своих мыслей, логичность в постановке и изложении материала,
- понимание постановки задачи, знание основных элементов математической модели, формулировка начальных и граничных условий, обоснование основных упрощающих положений;
- умение определить место исследованного явления в конкретных технических процессах и устройствах;
- умение анализировать полученные результаты и умение прогнозировать характер процессов в технических устройствах на основании полученных данных;
- умение самостоятельно модифицировать математические модели и программные средства для целей конкретизации или расширения области приложения моделей, использованных в работе.

Оценка защиты работы выставляется по 100 балльной шкале с учётом:

- выполнение ПЗ – 40 баллов,
  - оформление пояснительной записки – 20 баллов,
  - защита результатов, ответы на вопросы и их логика, культура речи – 40 баллов.
- ПЗ считается принятой при наборе более 80 баллов.

Перечень практических заданий приведен в УМК дисциплины.

### Контрольные вопросы

Критерии оценивания ответов на контрольные вопросы.

Ответы на контрольные вопросы по определенным разделам дисциплины осуществляются в устной форме. Студенту задаются 3 вопроса в рамках изучаемого раздела, для успешной аттестации необходимо правильно ответить на 2 и выше вопросов. Ответ на вопрос должен быть правильным, содержательным, аргументированным.

Список контрольных вопросов:

1. Общая характеристика процессов, протекающих при высоких концентрациях вещества, энергии, в короткие промежутки времени и при взаимовлиянии факторов различной физической природы.
2. Обзор моделей среды и процессов.
3. Современное состояние средств и методов математического и физического моделирования.
4. Место высокоинтенсивных процессов в современных технологиях.
5. Математические модели в кинетике.
6. Газовые смеси.
7. Параметры и явления переноса.
8. Термодинамика высокоинтенсивного переноса. Кинетика горения. Цепные реакции.
9. Математические модели кинетических процессов.
10. Жесткие системы дифференциальных уравнений, как модели кинетических процессов.
11. Быстрые и медленные переменные.
12. Методы интегрирования жестких систем.
13. Подвод энергии в поток газа.
14. Дефлаграция и детонация.
15. Сверхзвуковое горение.
16. Газовая детонация.
17. Гидродинамическая теория детонации. Условие Жуге.
18. Горение конденсированных систем.
19. Горение порохов и ВВ.
20. Математические модели детонационных процессов.
21. Численное моделирование детонации.
22. Импульсные модели действия взрыва.
23. Работа взрыва на выброс.
24. Подводный и подземный взрывы.
25. Взрыв в воздухе.
26. Явления неограниченной кумуляции.
27. Кумулятивный эффект в процессах пробивания.
28. Классификация явлений проникания.

29. Кавитационные механизмы и кавитационная эрозия.

30. Высокоинтенсивные процессы в современных технологиях. Обзор явлений, моделей и перспектив.

#### **Дифференцированный зачет**

Дифференцированный зачет, включает в себя два теоретических вопроса по выбору преподавателя из списка вопросов по разделам дисциплины. Перечень вопросов для дифференцированного зачета приведен в УМК дисциплины.

Знания, умения и навыки студентов определяются следующим образом:

Оценки «зачтено-отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного 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 учебного материала.

Оценки «зачтено-хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебного 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.

Оценки «зачтено-удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, 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.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного 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		ПК-1.2	
4	8	Раздел 1. Газовые смеси. Процессы переноса.	28	12	4	8	16	20	Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 2. Подвод энергии в поток газа. Газовая детонация.	27	9	3	6	18	20	Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 3. Детонация конденсированных взрывчатых веществ.	26	8	2	6	18	20	Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 4. Явления неограниченной кумуляции.	11	4	2	2	7	20	Контрольные вопросы
4	8	Раздел 5. Высокоинтенсивные процессы в современных технологиях.	16	6	2	4	10	20	Отчет по практическому заданию
Всего за 8 семестр			108	39	13	26	69	100	
Всего по дисциплине			108	39	13	26	69	100	

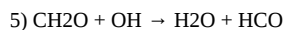
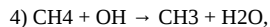
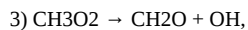
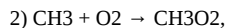
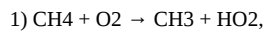
ПК-1.2 - Способен разрабатывать физические и математические модели процессов, а также выполнять расчеты параметров рабочего процесса, теплового состояния и характеристик двигателей и энергоустановок летательных аппаратов

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

В точке Чепмена-Жуге скорость продуктов превращения относительно скачка равна ...

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

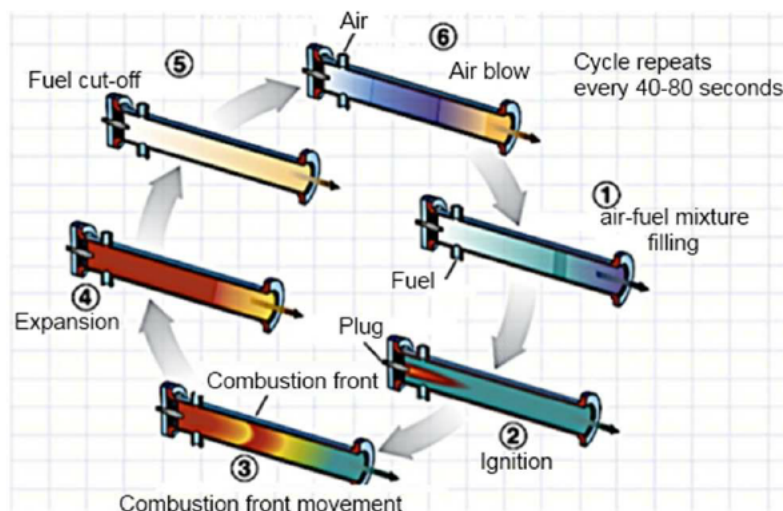
Напишите уравнение изменения концентрации  $c(\text{CH}_3)$  для представленного кинетического механизма:



№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

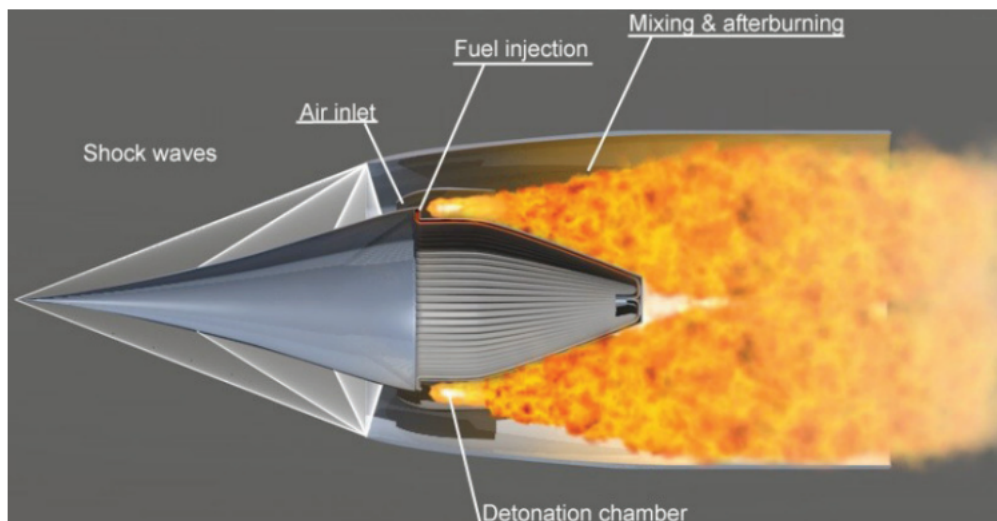
На серии рисунков представлены схемы детонационных двигателей. Установите соответствие названию детонационных двигателей их схеме.

1 -



А - Импульсный детонационный двигатель с высокочастотным резонатором

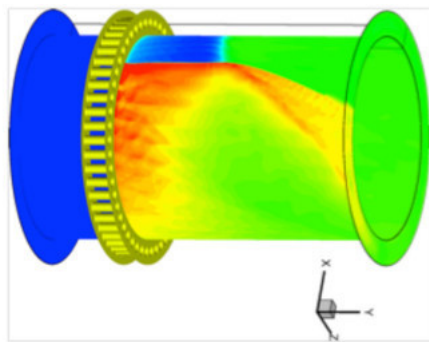
2 -



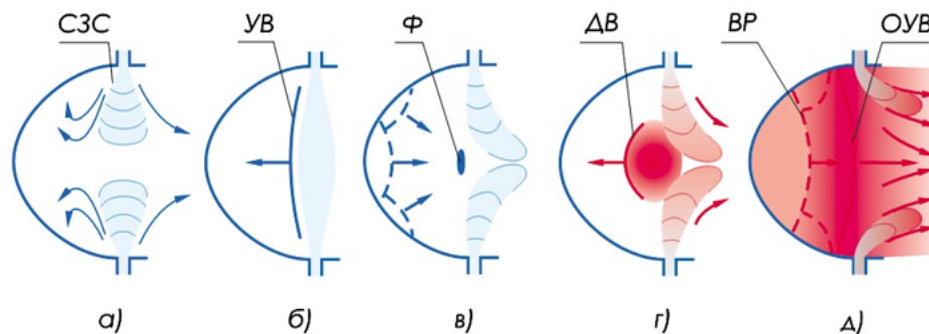
Б - Ротационный детонационный двигатель

3 -

В - Двигатель стационарной детонацией



4 -

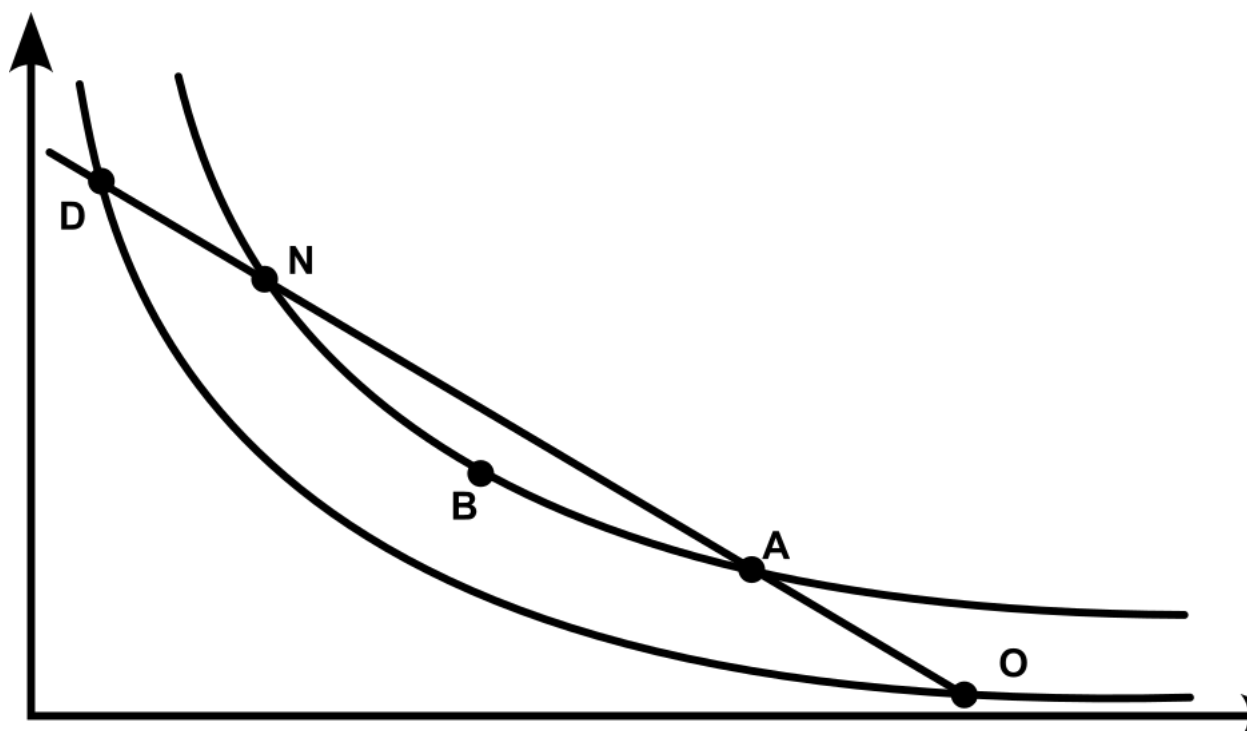


Г - Двигатель  
детонацией в  
периодически  
перемещающ  
ударной волн

Д - Импульс  
детонационн  
двигатель

№ 4 Прочитайте текст и установите последовательность

На рисунке представлена рv-диаграмма детонационной волны с добавлением нескольких путей прохождения процесса. Точка О соответствует начальному состоянию системы; точка N - конечному состоянию. Напишите правильную последовательность прохождения процесса.



№ 5 Прочитайте текст и установите последовательность

На рисунке схематично изображена детонационная волна в представлении двух фронтов: ударная волна (УВ) и фронт реакций (ФР). Выделен с постоянным давлением

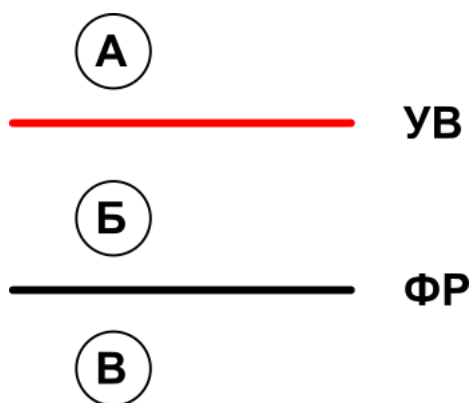
p1 - перед УВ (область А),

p2 - за УВ и перед ФР (область Б),

p3 - после ФР (область В).

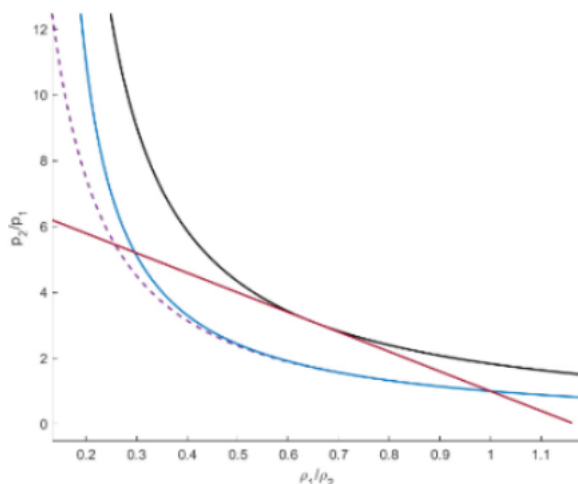
Запишите последовательность областей по значению в них давлений (от большего значения к меньшему).





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

Ударную волну какой интенсивности необходимо инициировать, чтобы произвести детонационную волну соответствующую данному случаю



А) 6,2

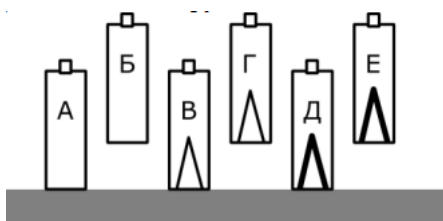
Б) 5,2

В) 3

Г) 12

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

На рисунке представлены заряды различной конструкции. В каком случае наблюдается кумулятивный эффект (возможно несколько ответов).



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

Условие Чепмена - Жуге можно сформулировать как

А) Детонационная волна движется относительно продуктов реакции со скоростью, равной скорости звука. Скорость распространения волны относительно исходного вещества всегда является сверхзвуковой

Б) Детонационная волна движется относительно продуктов реакции со сверхзвуковой скоростью. Скорость распространения волны относительно исходного вещества является звуковой

В) Детонационная волна движется относительно продуктов реакции с дозвуковой скоростью. Скорость распространения волны относительно вещества всегда является звуковой

Г) Детонационная волна движется относительно продуктов реакции со скоростью, равной скорости звука. Скорость распространения волны относительно исходного вещества всегда является дозвуковой

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

Выберите верные утверждения:

А) Реакция, идущая под влиянием другой реакции, протекающей одновременно и в том же участке пространства, называется индуцированной сопряженной.

Б) Размер детонационной ячейки не зависит от размера и формы канала, в котором производится детонация, и является характеристикой само смеси. Этот параметр изменяется в широком диапазоне в зависимости от состава смеси.

В) Детонация это режим горения, в котором по веществу распространяется ударная волна, инициирующая химические реакции горения, в свою поддерживающие движение ударной волны за счёт выделяющегося в экзотермических реакциях тепла, где фронт пламени распространяется с скоростью звука относительно продуктов реакции и со сверхзвуковой скоростью относительно исходного вещества.

Г) На  $p-v$ -диаграмме детонационная адиабата всегда расположена ниже ударной адиабаты.

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

Оцените порядок скорости распространения детонационной волны в взрывчатом веществе?

А) 0,1 ... 1 м/с

Б) 1 ... 10 м/с

В) 10 ... 2000 м/с

Г) 2000 .... 15000 м/с

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

Выберите верные утверждения:

А) В стехиометрической смеси температура во фронте детонации максимальна, и ей соответствует минимальная длина ячейки.

Б) Чем выше температура смеси, тем больше скорость химических реакций.

В) В точке Чепмена-Жуге скорость продуктов превращения относительно скачка сверхзвуковая.

Г) В состоянии локального термодинамического и химического равновесия скорость прямой химической реакции равна скорости обратной реакции

№ 12 Прочитайте текст и установите соответствие

К каждой позиции в левом столбце, подберите позицию из правого столбца

1 Детонационная адиабата

А  $\frac{p}{\rho^\gamma} = A$

2 Адиабата Пуассона

Б  $\frac{p_2}{p_1} = \frac{\frac{\gamma+1}{\gamma-1} - \frac{\rho_1}{\rho_2}}{\frac{\gamma+1}{\gamma-1} \frac{\rho_1}{\rho_2} - 1}$

3 Ударная адиабата

В  $\frac{p_2}{p_1} = 1 + \gamma M_1^2 \left( 1 - \frac{\rho_1}{\rho_2} \right)$

4 Прямая Рэлея - Михельсона

Г  $\frac{p_2}{p_1} = \frac{\frac{\gamma+1}{\gamma-1} - \frac{\rho_1}{\rho_2} + \frac{2\gamma}{\gamma-1} \frac{q}{c_p T_1}}{\frac{\gamma+1}{\gamma-1} \frac{\rho_1}{\rho_2} - 1}$

Д  $q_* = \frac{c_p T_1}{2(\gamma+1)} \frac{(M_1^2 - 1)^2}{M_1^2}$