

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Левихин А.А.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

| | |
|--|---|
| Направление/специальность подготовки | 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей |
| Специализация/профиль/программа подготовки | Проектирование ракетных двигателей твердого топлива |
| Уровень высшего образования | Специалитет |
| Форма обучения | Очная |
| Факультет | А Ракетно-космической техники |
| Выпускающая кафедра | А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ |
| 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 | |
| 5 | 9 | 3 | 108 | 51 | 34 | 0 | 17 | 57 | 0 | 0 | 57 | диф. зач. |

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

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

А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Левихин А.А., 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-4 — Способен проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-4

знания:

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;

умения:

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;

навыки:

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.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫХ ПРОЦЕССОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ТЕРМОДИНАМИКА, АЭРОГАЗОДИНАМИКА, ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические и экспериментальные исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач

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 | | ПК-4 |
| 5 | 9 | 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. | 20 | 10 | 6 | 4 | 10 | 15 |
| 5 | 9 | 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. | 17 | 7 | 4 | 3 | 10 | 20 |
| 5 | 9 | 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. | 14 | 7 | 4 | 3 | 7 | 20 |
| 5 | 9 | Раздел 4. Явления неограниченной кумуляции. Кумулятивный эффект в процессах пробивания. Классификация явлений проникания. Кавитационные механизмы и кавитационная эрозия. | 15 | 5 | 4 | 1 | 10 | 15 |
| 5 | 9 | Раздел 5. Горение твердого топлива. Основы горения твердого топлива. Модели и методы решения задач моделирования внутренней газодинамики РДТТ. Течение газа с частицами. Модели горения твердого топлива: стационарные и нестационарные модели горения. Моделирование акустических и колебательных процессов. | 29 | 16 | 12 | 4 | 13 | 15 |
| 5 | 9 | Раздел 6. Высокоинтенсивные процессы в современных технологиях. Обзор явлений, моделей и перспектив. | 13 | 6 | 4 | 2 | 7 | 15 |
| Всего за 9 семестр | | | 108 | 51 | 34 | 17 | 57 | 100 |
| Всего по дисциплине | | | 108 | 51 | 34 | 17 | 57 | 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. | 4 |
| 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. | 3 |
| 3 | Раздел 3. Детонация конденсированных взрывчатых веществ. | - Детонация конденсированных ВВ. Метательное действие взрыва. - ВВ и их применение. - Подводный взрыв. Пульсации газового пузыря. | 3 |
| 4 | Раздел 4. Явления неограниченной кумуляции. | - Гидродинамическая модель проникания. | 1 |
| 5 | Раздел 5. Горение твердого топлива. | Численное моделирование внутренней газодинамики РДТТ. | 4 |
| 6 | Раздел 6. Высокоинтенсивные процессы в современных технологиях. | - Воздействие лазерного излучения на материалы. - Внутренняя баллистика ствольной системы | 2 |
| Всего за 9 семестр | | | 17 |

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. | 4 |
| 2 | | Выполнение практического задания №1 на тему «Горение предварительно перемешанных газовых смесей». | 6 |
| 3 | Раздел 2. Подвод энергии в поток газа. Газовая детонация. | Изучение студентами теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. | 4 |
| 4 | | Выполнение практического задания №2 на тему «Процессы детонации в газовых смесях». | 6 |
| 5 | Раздел 3. Детонация конденсированных взрывчатых веществ. | Изучение студентами теоретического материала. Детонация конденсированных ВВ и метание тел продуктами детонации. | 7 |
| 6 | Раздел 4. Явления неограниченной кумуляции. | Изучение студентами теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. | 10 |
| 7 | Раздел 5. Горение твердого топлива. | Изучение студентами теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. | 5 |
| 8 | | Выполнение практического задания №3 на тему «Внутренняя газодинамика РДТТ». | 8 |
| 9 | Раздел 6. Высокоинтенсивные процессы в современных технологиях. | Изучение студентами теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение практического задания №4 на тему «Внутренняя баллистика ствольной системы». | 7 |
| Всего за 9 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 |
| 9 | | | Отч. по ПЗ | | Отч. по ПЗ | ДР | | Отч. по ПЗ | | ДР | КВ | | | Отч. по ПЗ | | ДР | 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. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Течения газа с частицами. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008, 9 экз.
6. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, И. В. Тетерина. . Газовые течения в соплах энергоустановок. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017, 50 экз.
7. 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/> — Главная – 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 — 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 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/> - КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
2. 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. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
3. 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 **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. 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-4 Способен проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов.

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 (**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. Газовые смеси. Процессы переноса. | | |
| Изучение студентами теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. | К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Моделирование высокоинтенсивных процессов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (1) | 4 |
| Выполнение практического задания №1 на тему «Горение предварительно перемешанных газовых смесей». | В. Н. Емельянов, В. А. Анисимов, И. В. Тетерина. . Моделирование высокоинтенсивных процессов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1) П. П. Кукин, В. В. Юшин, С. Г. Емельянов. Теория горения и взрыва: Москва: Юрайт, 2019 (1, 2) | 6 |
| Итого по разделу 1 | | 10 |
| Раздел 2. Подвод энергии в поток газа. Газовая детонация. | | |
| 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 (1) | 4 |
| Выполнение практического задания №2 на тему «Процессы детонации в газовых смесях». | | 6 |
| Итого по разделу 2 | | 10 |
| Раздел 3. Детонация конденсированных взрывчатых веществ. | | |
| Изучение студентами теоретического материала. 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) П. П. Кукин, В. В. Юшин, С. Г. Емельянов. Теория горения и взрыва: Москва: Юрайт, 2019 (2-3) | 7 |
| Итого по разделу 3 | | 7 |
| Раздел 4. Явления неограниченной кумуляции. | | |
| 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) | 10 |
| Итого по разделу 4 | | 10 |
| Раздел 5. Горение твердого топлива. | | |
| Изучение студентами теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. | К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, И. В. Тетерина. . Газовые течения в соплах энергоустановок: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017 (1) | 5 |
| Выполнение практического задания №3 на тему «Внутренняя газодинамика РДТТ». | К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Течения газа с частицами: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 (1) | 8 |
| Итого по разделу 5 | | 13 |
| Раздел 6. Высокоинтенсивные процессы в современных технологиях. | | |
| 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) | 7 |
| Итого по разделу 6 | | 7 |

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-4 | |
| 5 | 9 | Раздел 1. Газовые смеси. Процессы переноса. | 20 | 10 | 6 | 4 | 10 | 15 | Отчет по практическому заданию |
| 5 | 9 | Раздел 2. Подвод энергии в поток газа. Газовая детонация. | 17 | 7 | 4 | 3 | 10 | 20 | Отчет по практическому заданию |
| 5 | 9 | Раздел 3. Детонация конденсированных взрывчатых веществ. | 14 | 7 | 4 | 3 | 7 | 20 | Отчет по практическому заданию |
| 5 | 9 | Раздел 4. Явления неограниченной кумуляции. | 15 | 5 | 4 | 1 | 10 | 15 | Контрольные вопросы |
| 5 | 9 | Раздел 5. Горение твердого топлива. | 29 | 16 | 12 | 4 | 13 | 15 | Отчет по практическому заданию |
| 5 | 9 | Раздел 6. Высокоинтенсивные процессы в современных технологиях. | 13 | 6 | 4 | 2 | 7 | 15 | Отчет по практическому заданию |
| Всего за 9 семестр | | | 108 | 51 | 34 | 17 | 57 | 100 | |
| Всего по дисциплине | | | 108 | 51 | 34 | 17 | 57 | 100 | |

ПК-4 - Способен проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

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

№ 2 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.

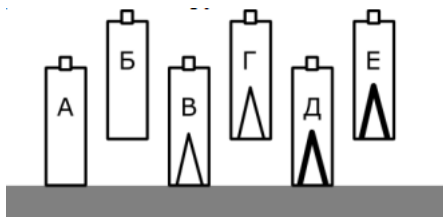
Б) Размер детонационной ячейки не зависит от размера и формы канала, в котором производится детонация, и является характеристикой самой смеси. Этот параметр изменяется в широком диапазоне в зависимости от состава смеси.

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.

№ 3 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).



№ 4 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.

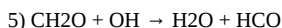
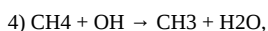
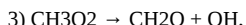
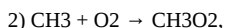
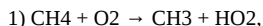
Б) Чем выше температура смеси, тем больше скорость химических реакций.

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.

№ 5 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

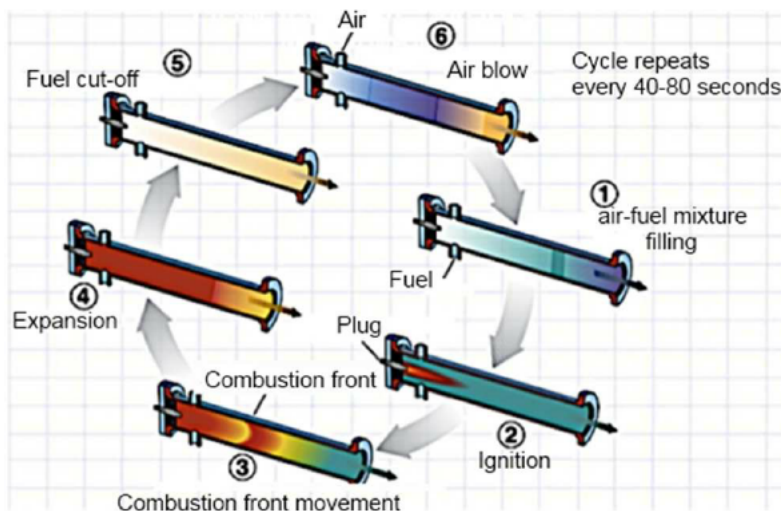
Напишите уравнение изменения концентрации $c(\text{CH}_3)$ для представленного кинетического механизма:



№ 6 Прочитайте текст и установите соответствие

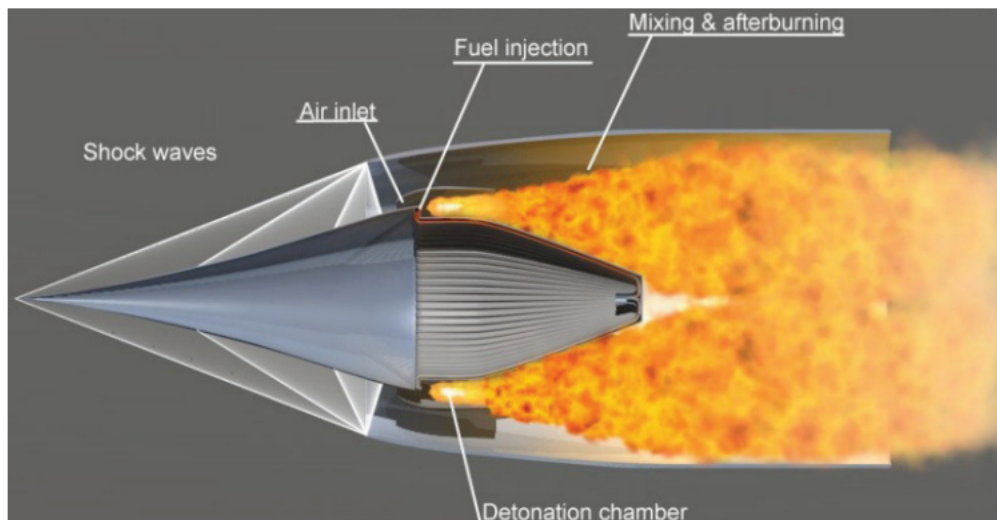
На серии рисунков представлены схемы детонационных двигателей. Установите соответствие названию детонационных двигателей их схеме.

1 -



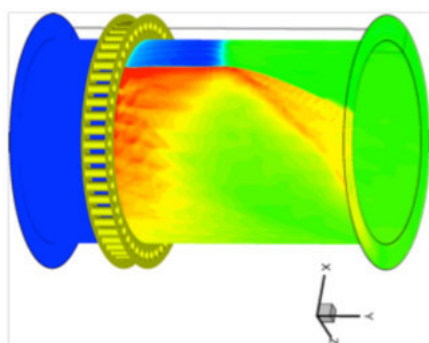
А - Импульсно-детонационный двигатель с высокочастотным резонатором

2 -



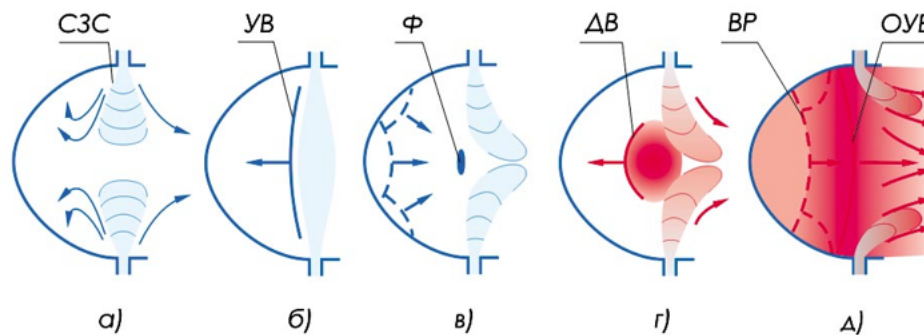
Б - Ротационно-детонационный двигатель

3 -



В - Двигатель стационарной детонацией

4 -



Г - Двигатель детонацией в периодически перемещающ ударной волн

Д - Импульсно-детонационный двигатель

№ 7 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 $\frac{p_2}{p_1} = \frac{\frac{\gamma+1}{\gamma-1} \frac{\rho_1}{\rho_2} - 1}{\frac{\gamma+1}{\gamma-1} \frac{\rho_1}{\rho_2} - 1}$

3 Ударная адиабата

В

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

4

Прямая Рэля - Михельсона

Г

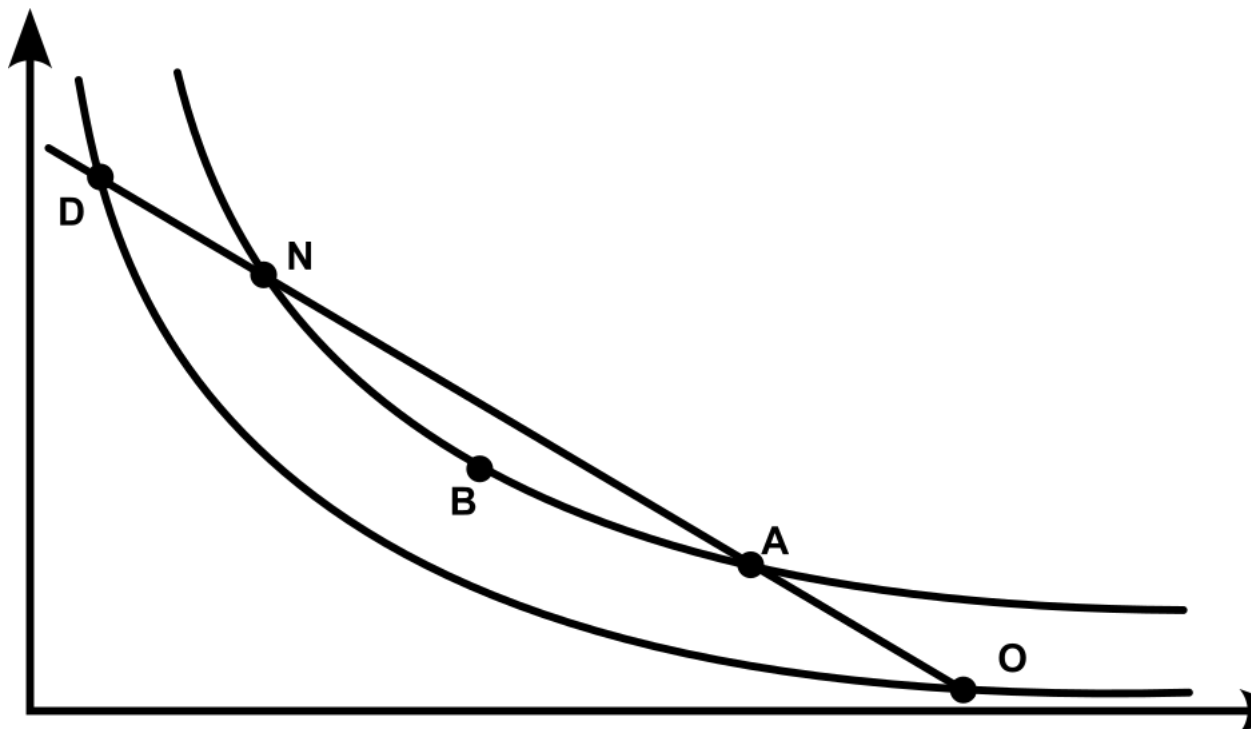
$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{\frac{\gamma + 1}{\gamma - 1} - \frac{\rho_1}{\rho_2} + \frac{2\gamma}{\gamma - 1} \frac{q}{c_p T_1}}{\frac{\gamma + 1}{\gamma - 1} \frac{\rho_1}{\rho_2} - 1}$$

Д

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

№ 8 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.



№ 9 Прочитайте текст и установите последовательность

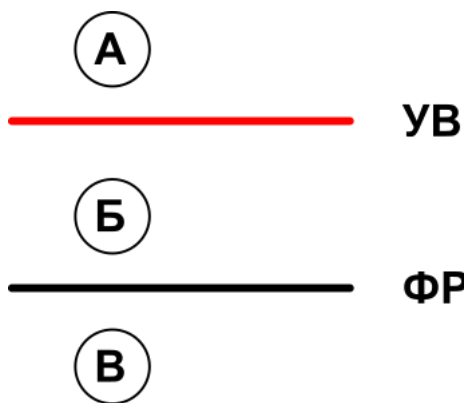
На рисунке схематично изображена детонационная волна в представлении двух фронтов: ударная волна (УВ) и фронт реакций (ФР). Выделен с постоянным давлением

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).

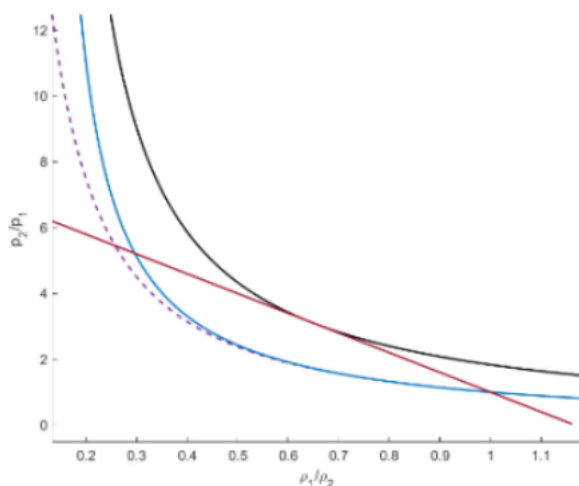


№ 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Оцените порядок скорости распространения детонационной волны в взрывчатом веществе?

- 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 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

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

Условие Чепмена - Жуке 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