

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 2

от 26.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

МЕХАНИКА ГАЗОВ

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 03.03.01 Прикладные математика и физика

| Семестр | Трудоемкость,<br>кред. | Общий объем<br>курса, час. | Лекции, час. | Практич.<br>занятия, час. | Лаборат. работы,<br>час. | В форме<br>практической<br>подготовки/В | СРС, час. | КСР, час. | Форма(ы)<br>контроля,<br>экс./зач./КР/КП |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|-----------|-----------|------------------------------------------|
| 7       | 3                      | 108                        | 16           | 48                        | 0                        |                                         | 17        | 0         | Э                                        |
| Итого   | 3                      | 108                        | 16           | 48                        | 0                        | 10                                      | 17        | 0         |                                          |

## АННОТАЦИЯ

Курс излагается как часть теоретической физики и последовательно знакомит студентов с теорией течения газов (идеальных жидкостей) начиная от звука и геометрической акустики и заканчивая теорией ударных волн. Каждая тема сопровождается физическими объяснениями и подробными выводами соответствующих уравнений.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

- освоение студентами системы основных уравнений изэнтропического течения газов, ударных волн и скачков уплотнений;
- приобретение навыков расчета параметров течения газов в соплах, параметров ударных волн;
- освоение новых методов расчета современных установок для разделения изотопов;

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Теория течения газов занимает важное место в освоение практических методик расчета прикладных задач, возникающих в научно исследовательской и инженерно – внедренческой работе. Наряду со знаниями основ теории движения идеальных жидкостей, студенты получают практические навыки расчета газовых потоков в соплах: конфузоре, диффузоре, сопло Лаваля. Расчеты потоков газа с возникающими в них ударными волнами.

Уровень сложности теоретических и практических заданий полностью соответствует требованиям государственного образовательного.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|--------------------------------|------------------------------------------------------|
|--------------------------------|------------------------------------------------------|

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

| Задача профессиональной деятельности (ЗПД)                  | Объект или область знания                 | Код и наименование профессиональной компетенции;<br>Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта) | Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| научно-исследовательский                                    |                                           |                                                                                                            |                                                                       |
| Участие в проведении теоретических исследований, построении | Природные и социальные явления и процессы | ПК-2 [1] - Способен выбирать и применять необходимое оборудование,                                         | 3-ПК-2[1] - Знать современное оборудование, инструменты и             |

|                                                                                                                                                                                                                                    |                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации                                                             |                                           | <p>инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 40.044</p>                                                                                                                 | <p>методы исследований для решения задач в избранной предметной области. ; У-ПК-2[1] - Уметь критически оценивать, выбирать оборудования, инструментов и методов исследований в избранной предметной области ; В-ПК-2[1] - Владеть навыками выбора и применения оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области.</p>                                                                                                                                             |
| Участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации | Природные и социальные явления и процессы | <p>ПК-3.2 [1] - Способен применять методы математической и теоретической физики, методы математического и компьютерного моделирования процессов в области физики кинетических явлений</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 40.011, 40.044, 40.104</p> | <p>3-ПК-3.2[1] - Знать методы математической и теоретической физики, методы математического и компьютерного моделирования процессов в области физики кинетических явлений; У-ПК-3.2[1] - Уметь применять методы математической и теоретической физики, методы математического и компьютерного моделирования процессов в области физики кинетических явлений; В-ПК-3.2[1] - Владеть методами математической и теоретической физики, методами математического и компьютерного моделирования процессов в области</p> |

|                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                           | физики кинетических явлений                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Выбор методов и подходов к решению поставленной научной проблемы, формулировка математической модели явления, аналитические и численные расчеты | Модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально - экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса | ПК-4 [1] - Способен критически оценивать применяемые методики и методы исследования<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 40.044, 40.104 | 3-ПК-4[1] - Знать основные методики и методы исследования в сфере своей профессиональной деятельности ;<br>У-ПК-4[1] - Уметь анализировать и критически оценивать применяемые методики и методы исследования.;<br>В-ПК-4[1] - Владеть навыками выбора и критической оценки применяемых методик и методов исследования в сфере своей профессиональной деятельности |

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

| Направления/цели воспитания | Задачи воспитания (код)                                                                                                                                                    | Воспитательный потенциал дисциплин                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17) | 1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок.<br>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности |

|                             |                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                             |                                                                                                                                                                                                              | ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.                                                                                                                                                                                                                                |
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)                                                         | Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.                                                                                                                                                                                           |
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19) | 1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для:<br>- формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", |

|                             |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                             |                                                                                                                                                                  | <p>"Научный семинар" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед;</li> <li>- формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22) | <p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением</p> |

|  |  |                                                                                                                                                              |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы. |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

| № п.п | Наименование раздела учебной дисциплины | Недели | Лекции/ Практи. (семинары )/ Лабораторные работы, час. | Обязат. текущий контроль (форма*, неделя) | Максимальный балл за раздел** | Аттестация раздела (форма*, неделя) | Индикаторы освоения компетенции                                              |
|-------|-----------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
|       | <i>7 Семестр</i>                        |        |                                                        |                                           |                               |                                     |                                                                              |
| 1     | Часть 1                                 | 1-8    | 8/24/0                                                 |                                           | 25                            | Т-8                                 | 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3.2, У-ПК-3.2, В-ПК-3.2, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4 |
| 2     | Часть 2                                 | 9-16   | 8/24/0                                                 |                                           | 25                            | БДЗ-16                              | 3-ПК-2, 3-ПК-3.2, У-ПК-3.2, В-ПК-                                            |

|  |                                             |  |         |  |    |   |                                                                                                      |
|--|---------------------------------------------|--|---------|--|----|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                                             |  |         |  |    |   | 3.2,<br>3-ПК-4,<br>У-ПК-4,<br>В-ПК-4,<br>У-ПК-2,<br>В-ПК-2                                           |
|  | <i>Итого за 7 Семестр</i>                   |  | 16/48/0 |  | 50 |   |                                                                                                      |
|  | <b>Контрольные мероприятия за 7 Семестр</b> |  |         |  | 50 | Э | 3-ПК-3.2,<br>У-ПК-3.2,<br>В-ПК-3.2,<br>3-ПК-4,<br>У-ПК-4,<br>В-ПК-4,<br>3-ПК-2,<br>У-ПК-2,<br>В-ПК-2 |

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

| Обозначение | Полное наименование      |
|-------------|--------------------------|
| Т           | Тестирование             |
| БДЗ         | Большое домашнее задание |
| Э           | Экзамен                  |

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Недели     | Темы занятий / Содержание | Лек., час. | Пр./сем., час. | Лаб., час. |
|------------|---------------------------|------------|----------------|------------|
|            | <i>7 Семестр</i>          | 16         | 48             | 0          |
| <b>1-8</b> | <b>Часть 1</b>            | 8          | 24             | 0          |

|         |                                                                                                                                                                                                                                                          |                        |    |   |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----|---|
| 1       | <b>Анализ размерностей и теория подобия</b><br>Физические величины и их размерности. Формула Фурье.<br>П-теорема и ее применение для решения газодинамических задач.                                                                                     | Всего аудиторных часов |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 1                      | 3  | 0 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | Онлайн                 |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 0                      | 0  | 0 |
| 2       | <b>Анализ размерностей и теория подобия</b><br>Подобие потоков. Понятие о критериях подобия.<br>Безразмерные параметры для идеального газа и их физический смысл.                                                                                        | Всего аудиторных часов |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 1                      | 3  | 0 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | Онлайн                 |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 0                      | 0  | 0 |
| 3       | <b>Теория подобия в моделировании. Звук</b><br>Полное и частичное моделирование. Случай моделирования по нескольким критериям. Понятие о звуке.<br>Волновое уравнение. Монохроматические волны.                                                          | Всего аудиторных часов |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 1                      | 3  | 0 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | Онлайн                 |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 0                      | 0  | 0 |
| 4       | <b>Энергия звуковых волн. Отражение и преломление звуковых волн</b><br>Выражение для энергии звуковых волн. Задача о отражении и преломлении звуковых волн.                                                                                              | Всего аудиторных часов |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 1                      | 3  | 0 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | Онлайн                 |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 0                      | 0  | 0 |
| 5       | <b>Геометрическая акустика. Эффект Доплера. Собственные колебания</b><br>Основное уравнение геометрической акустики. Звук в движущейся среде. Эффект Доплера.                                                                                            | Всего аудиторных часов |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 1                      | 3  | 0 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | Онлайн                 |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 0                      | 0  | 0 |
| 6       | <b>Излучение звука</b><br>Приближение сферической волны. Задача о излучении телом звуковых волн. Интенсивность излучения.                                                                                                                                | Всего аудиторных часов |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 1                      | 3  | 0 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | Онлайн                 |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 0                      | 0  | 0 |
| 7 - 8   | <b>Ударные волны</b><br>Распространение возмущений в потоке сжимаемого газа.<br>Стационарный поток сжимаемого газа. Поверхность разрыва. Ударная адиабата.                                                                                               | Всего аудиторных часов |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 2                      | 6  | 0 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | Онлайн                 |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 0                      | 0  | 0 |
| 9-16    | <b>Часть 2</b>                                                                                                                                                                                                                                           | 8                      | 24 | 0 |
| 9 - 10  | <b>Ударные волны</b><br>Ударные волны слабой интенсивности. Ударные волны в политропном газе. Косая ударная волна. Ширина ударных волн. Слабые разрывы.                                                                                                  | Всего аудиторных часов |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 2                      | 6  | 0 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | Онлайн                 |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 0                      | 0  | 0 |
| 11 - 12 | <b>Одномерное движение сжимаемого газа</b><br>Одномерное движение сжимаемого газа. Сопло Лаваля и его режимы работы. Одномерное автомодельное движение.                                                                                                  | Всего аудиторных часов |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 2                      | 6  | 0 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | Онлайн                 |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 0                      | 0  | 0 |
| 13      | <b>Одномерное движение сжимаемого газа</b><br>Распад произвольного разрыва. Одномерные бегущие волны. Образование разрывов в волнах.                                                                                                                     | Всего аудиторных часов |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 1                      | 3  | 0 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | Онлайн                 |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 0                      | 0  | 0 |
| 14      | <b>Волна разрежения</b><br>Основные понятия. Задача об обтекании сверхзвуковым потоком тупого угла.                                                                                                                                                      | Всего аудиторных часов |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 1                      | 3  | 0 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | Онлайн                 |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 0                      | 0  | 0 |
| 15 - 16 | <b>Пересечение ударных волн с твердой поверхностью. Обтекание конечных тел</b><br>Особенности пересечения ударных волн с твердой поверхностью. Отражение ударной волны. Задача обтекания тела сверхзвуковым потоком. Случаи выпуклого и вогнутого углов. | Всего аудиторных часов |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 2                      | 6  | 0 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | Онлайн                 |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                          | 0                      | 0  | 0 |

Сокращенные наименования онлайн опций:

| Обозначение | Полное наименование              |
|-------------|----------------------------------|
| ЭК          | Электронный курс                 |
| ПМ          | Полнотекстовый материал          |
| ПЛ          | Полнотекстовые лекции            |
| ВМ          | Видео-материалы                  |
| АМ          | Аудио-материалы                  |
| Прз         | Презентации                      |
| Т           | Тесты                            |
| ЭСМ         | Электронные справочные материалы |
| ИС          | Интерактивный сайт               |

## ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

| Недели  | Темы занятий / Содержание                                                                                                                                                                   |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | <i>7 Семестр</i>                                                                                                                                                                            |
| 1       | <b>Анализ размерностей и теория подобия</b><br>Физические величины и их размерности. Формула Фурье. П-теорема и ее применение для решения газодинамических задач.                           |
| 2       | <b>Анализ размерностей и теория подобия</b><br>Подобие потоков. Понятие о критериях подобия. Безразмерные параметры для идеального газа и их физический смысл.                              |
| 3       | <b>Теория подобия в моделировании. Звук</b><br>Полное и частичное моделирование. Случай моделирования по нескольким критериям. Понятие о звуке. Волновое уравнение. Монохроматические волны |
| 4       | <b>Энергия звуковых волн. Отражение и преломление звуковых волн</b><br>Выражение для энергии звуковых волн. Задача о отражении и преломлении звуковых волн.                                 |
| 5       | <b>Геометрическая акустика. Эффект Доплера. Собственные колебания.</b><br>Основное уравнение геометрической акустики. Звук в движущейся среде. Эффект Доплера                               |
| 6       | <b>Излучение звука</b><br>Приближение сферической волны. Задача о излучении телом звуковых волн. Интенсивность излучения.                                                                   |
| 7 - 8   | <b>Ударные волны</b><br>Распространение возмущений в потоке сжимаемого газа. Стационарный поток сжимаемого газа. Поверхность разрыва. Ударная адиабата.                                     |
| 9 - 10  | <b>Ударные волны</b><br>Ударные волны слабой интенсивности. Ударные волны в политропном газе. Косая ударная волна. Ширина ударных волн. Слабые разрывы.                                     |
| 11 - 12 | <b>Одномерное движение сжимаемого газа</b>                                                                                                                                                  |

|         |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | Одномерное движение сжимаемого газа. Сопло Лавалья и его режимы работы. Одномерное автомодельное движение                                                                                                                                               |
| 13      | <b>Одномерное движение сжимаемого газа</b><br>Распад произвольного разрыва. Одномерные бегущие волны. Образование разрывов в волнах.                                                                                                                    |
| 14      | <b>Волна разряжения</b><br>Основные понятия. Задача об обтекании сверхзвуковым потоком тупого угла.                                                                                                                                                     |
| 15 - 16 | <b>Пересечение ударных волн с твердой поверхностью. Обтекание конечных тел</b><br>Особенности пересечения ударных волн с твердой поверхностью. Отражение ударной волны. Задача обтекания тела сверхзвуковым потоком. Случаи выпуклого и вогнутого углов |

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс реализует компетентностный подход и предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (компьютерные практикумы, разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) а также, проведение занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

| Компетенция | Индикаторы освоения | Аттестационное мероприятие (КП 1) |
|-------------|---------------------|-----------------------------------|
| ПК-2        | З-ПК-2              | Э, Т-8, БДЗ-16                    |
|             | У-ПК-2              | Э, Т-8, БДЗ-16                    |
|             | В-ПК-2              | Э, Т-8, БДЗ-16                    |
| ПК-3.2      | З-ПК-3.2            | Э, Т-8, БДЗ-16                    |
|             | У-ПК-3.2            | Э, Т-8, БДЗ-16                    |
|             | В-ПК-3.2            | Э, Т-8, БДЗ-16                    |
| ПК-4        | З-ПК-4              | Э, Т-8, БДЗ-16                    |
|             | У-ПК-4              | Э, Т-8, БДЗ-16                    |
|             | В-ПК-4              | Э, Т-8, БДЗ-16                    |

## Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-

балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

| Сумма баллов | Оценка по 4-ех балльной шкале | Оценка ECTS | Требования к уровню освоению учебной дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 90-100       | 5 – «отлично»                 | A           | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.                                     |
| 85-89        | 4 – «хорошо»                  | B           | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.                                                                                                                                         |
| 75-84        |                               | C           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 70-74        |                               | D           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 65-69        | 3 – «удовлетворительно»       | E           | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.                                        |
| 60-64        |                               |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Ниже 60      | 2 – «неудовлетворительно»     | F           | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ А18 Gas Dynamics : An Introduction with Examples from Astrophysics and Geophysics, Paris: Atlantis Press, 2016
2. 532 3-50 Теория ударных волн и введение в газодинамику : , Москва: Ленанд, 2014
3. ЭИ П64 Элементы гидродинамики : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
4. 53 Л22 Теоретическая физика Т.6 Гидродинамика, , Москва: Физматлит, 2006

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 532 П64 Элементы гидродинамики : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
2. 534 З-50 Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений : , Я. Б. Зельдович, Ю. П. Райзер, Москва: Физматлит, 2008

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

## LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

Для успешного обучения по данной дисциплине студент должен знать: основные понятия общей и статистической физики, а также знать основы математического, векторного и тензорного анализа. Курс разбит на 2 раздела, включающие в себя следующие темы: теория подобия, звуковое движение, геометрическая акустика, преломление и поглощение звука, теория ударных волн, разрывы и движения газа в сопле. Каждая тема сопровождается физическими объяснениями и подробными выводами соответствующих уравнений.

Аттестация разделов представлена следующими формами контроля:

– Тестирование.

Студенту выдаются различные виды тестовых вопросов: с выбором верного варианта из приведенных, с самостоятельной записью ответа на вопрос, с составлением правильной последовательности.

- Большое домашнее задание.

Студенту после 8 недели выдается список задач по теме курса. Оценивается умение и владение навыками физических расчетов, логически четко и исчерпывающе отвечать на дополнительные вопросы.

## **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Для успешного обучения по данной дисциплине студент должен знать: основные понятия общей и статистической физики, а также знать основы математического, векторного и тензорного анализа. Курс разбит на 2 раздела, включающие в себя следующие темы: теория подобия, звуковое движение, геометрическая акустика, преломление и поглощение звука,

теория ударных волн, разрывы и движения газа в сопле. Каждая тема сопровождается физическими объяснениями и подробными выводами соответствующих уравнений.

Аттестация разделов представлена следующими формами контроля:

– Тестирование.

Студенту выдаются различные виды тестовых вопросов: с выбором верного варианта из приведенных, с самостоятельной записью ответа на вопрос, с составлением правильной последовательности.

- Большое домашнее задание.

Студенту после 8 недели выдается список задач по теме курса. Оценивается умение и владение навыками физических расчетов, логически четко и исчерпывающе отвечать на дополнительные вопросы.

Автор(ы):

Тронин Иван Владимирович, к.ф.-м.н.

Быркин Виктор Александрович, к.ф.-м.н.

Грехов Алексей Михайлович, к.ф.-м.н.

Рецензент(ы):

Сулаберидзе Г.А.