

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»  
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет  
Кафедра аэрофизики и газовой динамики**



**Рабочая программа дисциплины**

**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ АЭРОГИДРОМЕХАНИКА 2**

Направление подготовки: **03.03.02 Физика**  
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения  
**Очная**

| Семестр  | Общий объем | Виды учебных занятий (в часах)                 |                      |                      |  | Промежуточная аттестация (в часах)                    |  |       |                          |          |
|--|-------------|--|----------------------|----------------------|--|---|--|-------|--------------------------|----------|
|  |             | Контактная работа обучающихся с преподавателем |                      |                      | Самостоятельная работа, не включая период сессии | Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации | Контактная работа обучающихся с преподавателем |       |                          |          |
|  |             | Лекции   | Практические занятия | Лабораторные занятия |  |   | Консультации                                   | Зачет | Дифференцированный зачет | Экзамен  |
| 1  | 2           | 3  | 4                    | 5                    | 6  | 7   | 8  | 9     | 10                       | 11       |
| 6  | 108         | 32   | 32                   |                      | 22   | 18  | 2  |       |                          | 2        |
| <b>Всего</b>   | <b>108</b>  | <b>32</b>                                      | <b>32</b>            |                      | <b>22</b>  | <b>18</b>   | <b>2</b>                                       |       |                          | <b>2</b> |
| Всего 108 часов /3 зачетные единицы<br>из них:<br>- контактная работа 68 часов |             |  |                      |                      |  |   |  |       |                          |          |
| Компетенции ПК-1   |             |  |                      |                      |  |   |  |       |                          |          |

Ответственный за образовательную программу  
д.ф.-м.н., проф.

С. В. Цыбуля

Новосибирск, 2022

## Содержание

|   |   |
|---|---|
| 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.  | 3 |
| 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.  | 4 |
| 3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу. .... | 4 |
| 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.  | 5 |
| 5. Перечень учебной литературы. ....  | 7 |
| 6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.   | 8 |
| 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. ....  | 8 |
| 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине. ....   | 8 |
| 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине. ....  | 8 |
| 10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине. ....  | 9 |

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина «Теоретическая аэрогидромеханика 2» имеет своей целью ознакомить студента с современными понятиями гидро и аэромеханики.

Целью освоения курса является ознакомление студентов с 1) базовыми понятиями механики сплошных сред; 2) основными моделями аэро- и гидродинамики; 3) аналитическими решениями классических задач, описываемых в различных постановках течений идеальных и вязких сред.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

| Результаты освоения образовательной программы (компетенции)   | Индикаторы   | Результаты обучения по дисциплине  |
|---|--|--|
| <p><b>ПК-1</b> Способность использовать специализированные знания в области физики при построении теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p> | <p><b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p> <p><b>ПК 1.2</b> Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области.</p> <p><b>ПК 1.3</b> Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p> | <p><b>Знать</b> классические решения задач обтекания тел в рамках моделей идеального и вязкого газа, в стационарном и нестационарном случаях.</p> <p><b>Уметь</b> строить потенциалы течений в рамках модели идеального газа для плоскопараллельных и осесимметричных течений, рассчитывать силу трения, действующую на тело в рамках различных моделей течений, строить потенциалы источников для звуковых колебаний, применять инварианты Римана для расчета нестационарных изоэнтропических течений идеального газа.</p> <p><b>Владеть</b> алгоритмами построения потенциалов для осесимметричных течений идеальной жидкости, алгоритмом описания одномерных изоэнтропических течений идеального газа с помощью фазовой плоскости, навыками работы со справочными материалами, необходимыми для описания течений жидкости и газа (различные константы и уравнения состояний).</p> |

Всюду, где это допускается уровнем знаний и подготовки студентов, материал лекционного курса увязывается с современными исследованиями в аэрофизике, газовой динамике и гидродинамике. Все практические занятия проводятся в интерактивной форме. Специально

указываются темы, активно обсуждающиеся в текущей профессиональной научной литературе и планах дальнейших работ в институтах, в котором студенты планируют проходить научную практику. Материал курса увязывается с общефизическими и математическими дисциплинами, изучаемыми студентами-физиками (электродинамика, высшая алгебра и т.д.) и спецкурсами, параллельно изучающимися по данной специальности, а также лабораторными работами, выполняемыми в рамках отдельного спецпрактикума.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Теоретическая аэрогидромеханика 2» реализуется в летнем семестре 3-го курса бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки **03.03.02 Физика, направленность «Общая и фундаментальная физика»**. Курс является одной из профессиональных дисциплин по выбору, реализуемых кафедрой аэрофизики и газовой динамики.

Для его восприятия требуется предварительная подготовка студентов по таким физическим дисциплинам как электродинамика, а также по математике (дифференциальное и интегральное исчисления, ряды Фурье, численные методы решения систем линейных уравнений, элементы теории групп и др.), а также спецкурса кафедры «Теоретическая аэрогидромеханика 1». Освоение дисциплины " Теоретическая аэрогидромеханика 2" необходимо при подготовке и выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

| Семестр  | Общий объем | Виды учебных занятий (в часах)                 |                      |                      |  | Промежуточная аттестация (в часах)                    |  |       |                          |          |
|--|-------------|--|----------------------|----------------------|--|---|--|-------|--------------------------|----------|
|  |             | Контактная работа обучающихся с преподавателем |                      |                      | Самостоятельная работа, не включая период сессии | Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации | Контактная работа обучающихся с преподавателем |       |                          |          |
|  |             | Лекции   | Практические занятия | Лабораторные занятия |  |   | Консультации                                   | Зачет | Дифференцированный зачет | Экзамен  |
| 1  | 2           | 3  | 4                    | 5                    | 6  | 7   | 8  | 9     | 10                       | 11       |
| 6  | 108         | 32   | 32                   |                      | 22   | 18  | 2  |       |                          | 2        |
| <b>Всего</b>   | <b>108</b>  | <b>32</b>                                      | <b>32</b>            |                      | <b>22</b>  | <b>18</b>   | <b>2</b>                                       |       |                          | <b>2</b> |
| Всего 108 часов /3 зачетных единицы<br>из них:<br>- контактная работа 68 часов |             |  |                      |                      |  |   |  |       |                          |          |
| Компетенции ПК-1   |             |  |                      |                      |  |   |  |       |                          |          |

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, практические занятия, контрольная работа, домашние задания, консультации, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль: контроль посещения лекций, проведение контрольной работы, проверка домашних заданий.
- итоговая аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

- занятия лекционного типа – 32 часа;
- практические занятия– 32 часа;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 22 часа;
- промежуточная аттестация (подготовка к сдаче экзамена, консультации, экзамен) – 22 часа.

Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия) составляет 68 часов.

#### 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Дисциплина «Теоретическая аэрогидромеханика 2» представляет собой семестровый курс, читаемый на 3-ом курсе физического факультета НГУ в 6 семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 академических часов.

| № п/п         | Раздел дисциплины   | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) |                 |                      |   | Промежуточная аттестация (в часах) |
|---------------|---|-----------------|--|-----------------|----------------------|---|------------------------------------|
|               |   |                 | Всего  | Аудиторные часы |                      | Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии) |                                    |
|               |   |                 |  | Лекции          | Практические занятия |   |                                    |
| 1             | 2   | 3               | 4  | 5               | 6                    | 7   | 8                                  |
| 1.            | Плоские потенциальные течения идеальной жидкости. Обтекание тел       | 1               | 7  | 2               | 2                    | 3   |                                    |
| 2.            | Трёхмерные осесимметричные потенциальные течения идеальной жидкости   | 2-3             | 14   | 4               | 4                    | 6   |                                    |
| 3.            | Движение твёрдого тела в идеальной жидкости                           | 4-5             | 11   | 4               | 4                    | 3   |                                    |
| 4.            | Течения вязкой жидкости   | 6-9             | 19   | 8               | 8                    | 3   |                                    |
| 5.            | Элементы термодинамики  | 10              | 7  | 2               | 2                    | 3   |                                    |
| 6.            | Звуковые колебания  | 11              | 6  | 2               | 2                    | 2   |                                    |
| 7.            | Изоэнтропические течения идеального газа                              | 12-16           | 22   | 10              | 10                   | 2   |                                    |
| 8.            | Самостоятельная работа в период подготовки к промежуточной аттестации |                 | 18   |                 |                      |   | 18                                 |
| 9.            | Консультации в период занятий   |                 | 2  |                 |                      |   | 2                                  |
| 10.           | Экзамен   |                 | 2  |                 |                      |   | 2                                  |
| <b>Итого:</b> |   |                 | <b>108</b>   | <b>32</b>       | <b>32</b>            | <b>22</b>   | <b>22</b>                          |

## **Программа и основное содержание лекций (32 часа)**

### **Раздел 1. Плоские потенциальные течения идеальной жидкости. Обтекание тел. (2 часа)**

Обтекание абсолютно твёрдого тела. Задание граничных условий. Формулы Блазиуса-Чаплыгина. Формулы Кутта-Жуковского.

### **Раздел 2. Трёхмерные осесимметричные потенциальные течения идеальной жидкости (4 часа)**

Трёхмерные потенциалы при течении идеальной жидкости. Потенциалы простейших течений. Обтекание сферы, парадокс Даламбера. Функция тока в осесимметричном случае. Связь между функцией тока и потенциалом. Обтекание тел вращения.

### **Раздел 3. Движение твёрдого тела в идеальной жидкости (4 часа)**

Постановка задачи о движении тела в бесконечной идеальной жидкости, покоящейся на бесконечности. Степень убывания потенциала на бесконечности. Условие на поверхности тела и разложение Кирхгофа для потенциала. Гидродинамические реакции при движении тела. Импульсивная сила, пара. Коэффициенты присоединённой массы и их свойства.

### **Раздел 4. Течения вязкой жидкости (8 часов)**

Понятие вязкой жидкости. Тензор напряжения для вязкой несжимаемой жидкости. Система уравнений Навье-Стокса. Постановка граничных условий. Подобие течений вязкой несжимаемой жидкости. П-теорема. Течение Пуазейля. Задача обтекания сферы вязкой жидкостью. Модель Стокса. Решение задачи обтекания сферы в рамках модели Стокса. Сравнение со случаем обтекания идеальной жидкости. Сила Стокса. Применимость теории Стокса. Формулы Озеена, Озеена-Гольдштейна, Буссинеска.

### **Раздел 5. Элементы термодинамики (2 часа)**

Элементы термодинамики. Внутренние и внешние параметры. Закон сохранения энергии. Второе начало термодинамики. Совершенный, нормальный и газ Ван-дер-Ваальса. Изоэнтропический и изотермический процессы.

### **Раздел 6. Звуковые колебания (2 часа)**

Звуковые волны. Скорость звука (определение). Скорость звука в идеальном политропном газе. Линеаризация уравнений сохранения. Плоские и сферические звуковые волны. Запаздывающие потенциалы. Способы конструирования решений. Распространение возмущений с до- и сверхзвуковой скоростью. Монохроматические волны и спектральное разложение. Волновой вектор и волновое число. Энергия и плотность потока энергии звуковых колебаний. Задача об отражении и преломлении звуковой волны.

### **Раздел 7. Изоэнтропические течения идеального газа (10 часов)**

Уравнение состояния идеального политропного газа. Интеграл Бернулли изоэнтропического течения политропного газа. Параметры торможения потока, максимальная скорость, критическая скорость звука, критическая скорость. Формула Сен-Венана-Венцеля для истечения газа из большого сосуда. Число Маха и коэффициент скорости. Связь параметров торможения и числа Маха и коэффициента скорости. Нагревание тел в потоке газа, влияние сжимаемости на течение. Трубка тока. Постоянство расхода газа в трубке тока для стационарных течений. Сжимаемость трубок тока. Простое сопло, сопло Лавала. Истечение газа из простого сопла. Элементарная теория

сопла Лавала. Характеристики систем квазилинейных уравнений. Инварианты Римана систем квазилинейных уравнений. Характеристический вид уравнений газовой динамики. Инварианты Римана для изоэнтропических течений. Бегущие волны (волны Римана). Волны сжатия и разрежения. Центрированные волны. Автомодельные решения. Признак волны Римана. Задача о выдвигающемся поршне.

### Программа практических занятий (32 часа)

1. Осесимметричные и пространственные течения идеальной жидкости. Обтекание параболоида вращения. Задача о затекании пузырька. (2 часа)
2. Трёхмерные осесимметричные потенциальные течения идеальной жидкости. Обтекание тел вращения. (4 часа)
3. Нестационарное движение твердого тела в идеальной жидкости. Тензор коэффициентов присоединенных масс. (4 часа).
4. Стационарное движение вязкой несжимаемой жидкости. Течение между вращающимися коаксиальными цилиндрами и стекание слоя жидкости с наклонной плоскости. Вихревая нить в вязкой несжимаемой жидкости. Применение  $\Pi$  – теоремы. (8 часов)
5. Малые адиабатические возмущения в сжимаемом газе. Излучение звука точечным источником. Интенсивность излучения. (2 часа)
6. Интеграл Бернулли при стационарных течениях газа. Критическая скорость и параметры торможения. Сопло Лавала. (2 часа)
7. Волны Римана и ударные волны в одномерных нестационарных движениях идеального газа. (8 часов)
8. Контрольная работа (2 часа)

### Самостоятельная работа студентов (40 часов)

| Перечень занятий на СРС                                      | Объем, час |
|--|------------|
| Подготовка к практическим занятиям.                          | 8          |
| Подготовка к контрольной работе                              | 8          |
| Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях | 6          |
| Подготовка к экзамену  | 18         |

## 5. Перечень учебной литературы.

### 5.1. Основная литература

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Том 1. М.:Наука, 1970.
2. Сокольников И. С. Тензорный анализ (теория и применение в геометрии и в механике сплошных сред). Перевод с англ. Главная редакция физ.-мат. лит. Изд. М.: Наука, 1971.
3. Овсянников Л. В. Лекции по основам газовой динамики. Москва-Ижевск:Институт компьютерных исследований, 2003.

### 5.2. Дополнительная литература

1. Кочин Н. Е. Векторное исчисление и начала тензорного исчисления. Изд. 9-е. М.: Наука, 1965.
2. Эглит М.Э. Лекции по основам механики сплошных сред. Изд.2-е, испр. М.: Книжный дом «Либроком», 2010.

## **6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.**

1. Киселев С.П. Сборник задач по теоретической аэрогидромеханике: Учебное пособие/Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск, 1993. – 122 с. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
2. Эглит М.Э. Механика сплошных сред в задачах. Том 1: Теория и задачи. —М.: «Московский лицей», 1996. — 396 с. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
3. Эглит М.Э. Механика сплошных сред в задачах. Том 2: Ответы и решения. —М.: «Московский лицей», 1996. — 394 с. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
4. Нигматулин Р.И. Механика сплошной среды. Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика. М.:ГЭОТАР-Медиа, 2014. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
5. Кочин Н. Е., Кибель И. А., Розе Н. В. Теоретическая гидромеханика. М.:Гос. издат. физ.-мат. лит., 1963. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
6. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газ: Учеб. для вузов.– 7-е изд., испр. М.:Дрофа, 2003 <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

### **7.1 Современные профессиональные базы данных**

Не используются

### **7.2. Информационные справочные системы**

Не используются.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Для реализации дисциплины «Теоретическая аэрогидромеханика 2» используются специальные помещения:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно



«Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

## 10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

### 10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

#### *Текущий контроль*

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем опроса в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции, а также проведения коротких самостоятельных работ в начале каждого занятия с решением типовых задач, разобранных на предыдущем занятии. В течение семестра студентам необходимо успешно выполнить четыре домашних работы, предполагающие решение задач по темам практических работ и контрольную работу.

#### *Промежуточная аттестация*

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленные компетенции ПК-1 и ПК-2 сформированы не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области теоретической аэрогидромеханики в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

### Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

| Индикатор  | Результат обучения по дисциплине   | Оценочные средства          |
|--|--|-----------------------------|
| <b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты. | <b>Знать</b> классические решения задач обтекания тел в рамках моделей идеального и вязкого газа, в стационарном и нестационарном случаях. | Проведение опроса, экзамен. |

|  |   |                                    |
|--|---|------------------------------------|
| <p><b>ПК 1.2</b> Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области</p>   | <p><b>Уметь</b> строить потенциалы течений в рамках модели идеального газа для плоскопараллельных и осесимметричных течений, рассчитывать силу трения, действующую на тело в рамках различных моделей течений, строить потенциалы источников для звуковых колебаний, применять инварианты Римана для расчета нестационарных изоэнтропических течений идеального газа.</p> | <p>Проведение опроса, экзамен.</p> |
| <p><b>ПК 1.3</b> Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p> | <p><b>Владеть</b> алгоритмами построения потенциалов для осесимметричных течений идеальной жидкости, алгоритмом описания одномерных изоэнтропических течений идеального газа с помощью фазовой плоскости, навыками работы со справочными материалами, необходимыми для описания течений жидкости и газа (различные константы и уравнения состояний).</p>                  | <p>Проведение опроса, экзамен.</p> |

**10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Теоретическая аэрогидромеханика 2».**

**Таблица 10.2**

| Критери<br>и<br>оценива<br>ния<br>результат<br>ов<br>обучени<br>я | Планируемые<br>результаты обучения<br>(показатели<br>достижения<br>заданного уровня<br>освоения<br>компетенций) | Уровень освоения компетенции   |  |   |  |
|---|---|--|--|---|--|
|   |   | Не<br>сформирован<br>(0 баллов)  | Пороговый<br>уровень<br>(3 балла)  | Базовый<br>уровень<br>(4 балла)   | Продвинутый<br>уровень<br>(5 баллов)   |
| 1   | 2   | 3  | 4  | 5   | 6  |
| Полнота<br>знаний   | ПК 1.1  | Уровень<br>знаний ниже<br>минимальных<br>требований.<br>Имеют место<br>грубые<br>ошибки. | Демонстриру<br>ет общие<br>знания<br>базовых<br>понятий по<br>темам/раздел<br>ам<br>дисциплины.<br>Допускается<br>значительное<br>количество | Уровень знаний<br>соответствует<br>программе<br>подготовки по<br>темам/разделам<br>дисциплины.<br>Допускается<br>несколько<br>негрубых/<br>несущественных<br>ошибок. Не | Уровень знаний<br>соответствует<br>программе<br>подготовки по<br>темам/разделам<br>дисциплины.<br>Свободно и<br>аргументированн<br>о отвечает на<br>дополнительные<br>вопросы. |

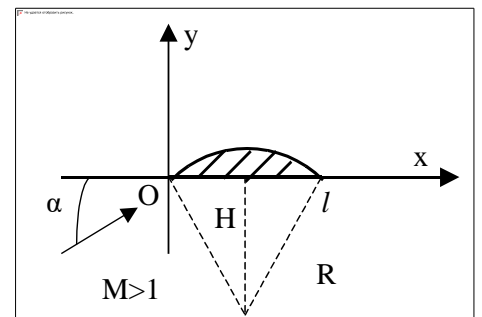
|                                   |        |  |   |  |   |
|-----------------------------------|--------|--|---|--|---|
|                                   |        |  | негрубых ошибок.  | отвечает на дополнительные вопросы.  |   |
| Наличие умений                    | ПК 1.2 | Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.                                | Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.                                   |
| Наличие навыков (владение опытом) | ПК 1.3 | Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок. | Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.      | Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.                       | Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач. |

### 10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

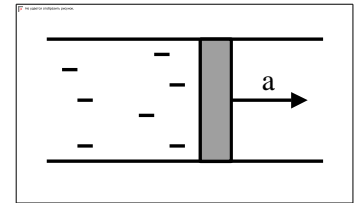
#### Контрольная работа

1. Найти скорость и давление в двухслойной жидкости, которая стационарно стекает по наклонной плоскости.

2. Найти  $C_x$  при сверхзвуковом обтекании тонкого профиля.

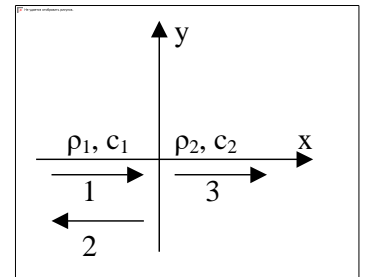


3. Найти момент  $t^*$  и координату  $x^*$  отрыва поршня от газа, выдвигаемого с постоянным ускорением  $a$  из трубы, заполненной газом с давлением  $p_0$ , плотностью  $\rho_0$  и показателем адиабаты  $\gamma$ .

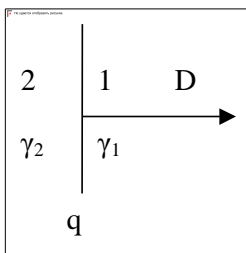


4. Найти коэффициент отражения и коэффициент преломления акустической волны, падающей на границу раздела двух сред.

$$\varphi_1 = A_1 \exp \left\{ i \left( x - c_1 t \right) \frac{\omega}{c_1} \right\}$$



5. Найти соотношения на разрыве и уравнение адиабаты для детонационной волны. Детонационная волна представляет собой сильный разрыв, на фронте которого выделяется тепло.



### Домашняя работа №1

1. Найти поле скоростей в идеальной несжимаемой жидкости при обтекании параболоида вращения. Жидкость имеет на бесконечности заданную скорость.
2. Найти время затекания идеальной несжимаемой жидкостью пузырька воздуха заданного радиуса.

### Домашняя работа №2

1. Найти потенциал и сопряженную скорость для плоскопараллельного потока, вызванного источником с заданными параметрами, обтекающего круг заданного радиуса.
2. Найти потенциал и сопряженную скорость для плоскопараллельного потока, образованного путем обтекания параболы с заданным значением скорости на бесконечности.

### Домашняя работа №3

1. В вязкой несжимаемой жидкости в начальный момент времени имеется вихревая нить с заданной циркуляцией. Найти зависимости векторов скорости и вихря от времени при затухании этой вихревой нити.
2. Решить задачу стационарного стекания жидкости по наклонной плоскости, т.е. для заданной высоты слоя, угла наклона и параметров жидкости определить распределение давления и скорости.

### Домашняя работа №4

1. Определить движение поршня заданной массы, который выталкивается из полубесконечной трубы, заполненной покоящимся газом с заданными параметрами скорости звука и давления.

2. Используя Пи-теорему определить силу сопротивления шару при его внедрении с постоянной скоростью в полупространство, заполненное вязкой несжимаемой жидкостью.

### **Вопросы на экзамен**

#### Тема №1 «Идеальная жидкость»

- 1.1. Трехмерные потенциалы при течении идеальной жидкости. Потенциалы простейших течений
- 1.2. Обтекания сферы идеальной жидкостью, парадокс Даламбера.
- 1.3. Функция тока в осесимметричном случае. Связь между функцией тока и потенциалом. Обтекание тел вращения.
- 1.4. Движение твёрдого тела в идеальной жидкости. Гидродинамические реакции при движении тела. Коэффициенты присоединенных масс.

#### Тема №2 «Вязкая жидкость»

- 2.1. Понятие вязкой жидкости. Тензор напряжения для вязкой несжимаемой жидкости. Система уравнений Навье-Стокса. Постановка граничных условий.
- 2.2. Подобие течений вязкой несжимаемой жидкости. Основные критерии подобия. П-теорема. Течение Пуазейля.
- 2.3. Течения вязкой жидкости при малых числах Рейнольдса. Модель Стокса.
- 2.4. Задача обтекания сферы вязкой несжимаемой жидкостью при малых числах Рейнольдса. Применимость теории Стокса.

#### Тема №3 «Идеальный газ»

- 3.1. Уравнения состояния идеального газа
- 3.2. Звуковые колебания идеального газа.
- 3.3. Стационарные изоэнтропические течения идеального политропного газа. Параметры торможения потока
- 3.4. Число Маха и коэффициент скорости. Изоэнтропические формулы.
- 3.5. Влияние сжимаемости потока на течения идеального газа.
- 3.6. Трубки тока, элементарная теория сопла Лавалья.
- 3.7. Инварианты Римана для описания изоэнтропических течений идеального газа. Характеристики и характеристическая плоскость.
- 3.8. Волны Римана, сжатия, разряжения, центрированные волны, автомодельные решения.

#### Тема №4 «Методы исследования в идеальные сплошные среды»

- 4.1. Потенциалы течений для различных тел в идеальной жидкости
- 4.2. Гидродинамические реакции при нестационарном обтекании тел.
- 4.3. Критерии подобия при течении вязкой жидкости.
- 4.4. Сила сопротивления вязкой жидкости в задачах обтекания тел.
- 4.5. Распространение звуковых колебаний в идеальном газе.
- 4.6. Инварианты Римана и характеристические уравнения для описания одномерных нестационарных течений идеального газа.

### **Пример экзаменационного билета**

1. Критерии подобия при течении вязкой жидкости.
2. Инварианты Римана и характеристические уравнения для описания одномерных нестационарных течений идеального газа.

Форма экзаменационного билета представлена на рисунке

|   |
|---|
| <p><b>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</b></p> <p><b>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение<br/>высшего образования</b><br/><b>«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»</b><br/><b>(Новосибирский государственный университет, НГУ)</b></p> <p><b>Физический факультет</b></p> |
| <p><b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № _____</b></p> <p>1. ....<br/>2. ....</p> <p>Составитель _____ /Верещагин А.С./<br/>(подпись)</p> <p>« ____ » _____ 20 ____ г.</p>   |

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы  
по дисциплине «Теоретическая аэрогидромеханика 2»  
по направлению подготовки 03.03.02 Физика  
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

| № | Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа) | Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ | Подпись ответственного |
|---|--|--|------------------------|
|   |  |  |                        |
|   |  |  |                        |
|   |  |  |                        |
|   |  |  |                        |
|   |  |  |                        |
|   |  |  |                        |
|   |  |  |                        |
|   |  |  |                        |
|   |  |  |                        |