

**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**



ПТВЕРЖДАЮ
Декан ФФ, д.ф.-м.н
В.Е.Блинов
2022 г.

**Рабочая программа дисциплины
ПРОБЛЕМЫ АЭРОФИЗИКИ**

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 |
| 5 | 36 | 26 | 4 | | 4 | | | 2 | | |
| Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - контактная работа 32 часа | | | | | | | | | | |
| 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. | 7 |
| 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 «Проблемы аэрофизики» представляет собой начальный курс введения в проблемы аэрофизики, предназначенный для обучения студентов-физиков, специализирующихся в области механики жидкости и газа.

Целью освоения курса является ознакомление студентов с 1) историей развития института и становление научной тематики; 2) различными способами описания движения; 3) основными законами сохранения для механики сплошной среды; 4) некоторыми точными решениями основных уравнений механики сплошных сред; 5) методом газодинамического конструирования летательных аппаратов; 6) методами и способами управления сверхзвуковыми потоками вблизи летательных аппаратов; 7) проблемами многофазных течений типа газа с твердыми частицами; 8) основными уравнениями движения и проблемами их замыкания.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

| Результаты освоения образовательной программы (компетенции) | Индикаторы | Результаты обучения по дисциплине |
|---|--|---|
| <p>ПК-1 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>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p> <p>ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области.</p> <p>ПК 1.3 Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p> | <p>Знать основной математический аппарат, который используется в аэрофизике; свойства и структуру физических процессов, происходящих в различных средах; основные закономерности формирования законов в области механики сплошной среды.</p> <p>Уметь создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей, подбирать математический аппарат для решения конкретной аэрофизической задачи.</p> <p>Владеть знаниями о методах описания движения в механике сплошной среды, навыками самостоятельной работы со специализированной литературой, входящей в рекомендованный и дополнительный список литературы к курсу аэрофизики.</p> |

Всюду, где это допускается уровнем знаний и подготовки студентов, материал лекционного курса увязывается с современными исследованиями в области аэрофизики и газовой динамики, математических моделей механики сплошной среды. Все практические занятия проводятся в интерактивной форме. Специально указываются темы, активно обсуждающиеся в текущей профессиональной научной литературе и планах дальнейших работ в институте, 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 (Теоретическая аэрогидромеханика 1, Теоретическая аэрогидромеханика 2, Методы аэрофизического эксперимента).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Проблемы аэрофизики» реализуется в осеннем семестре 3-го курса бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 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.). Освоение дисциплины «Проблемы аэрофизики» необходимо при подготовке и выполнении выпускной квалификационной работы.

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.

| 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 |
| 5 | 36 | 26 | 4 | | 4 | | | 2 | | |
| Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - контактная работа 32 часа | | | | | | | | | | |
| 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, самостоятельная работа студента, зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль посещаемости занятий, опрос в начале лекции по темам предыдущей лекции

- промежуточная аттестация: зачет.

Общая трудоёмкость рабочей программы дисциплины составляет 1 зачетная единица.

- занятия лекционного типа – 26 часов;
- практические занятия – 4 часа;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 4 часа;
- промежуточная аттестация (зачет) – 2 часа.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, зачет) составляет 32 часа.

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

Дисциплина «Проблемы аэрофизики» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 3-м курсе физического факультета НГУ в 5 семестре. Общая трудоёмкость дисциплины составляет 1 зачётная единица, 36 академических часов.

| № п/п | Раздел дисциплины | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (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. | История развития института и становление научной тематики | 1 | 2 | 2 | | | |
| 2. | Различные способы описания движения. Основные законы сохранения для механики сплошной среды | 2 | 2 | 2 | | | |
| 3. | Некоторые точные решения основных уравнений механики сплошных сред | 3 | 2 | 2 | | | |
| 4. | Метод газодинамического конструирования летательных аппаратов. | 4 | 2 | 2 | | | |
| 5. | Управление сверхзвуковыми потоками вблизи летательных аппаратов. Идея и зачем нужно увеличивать качество $k = C_y/C_x$. Интегрирование планера и двигателя. | 5-6 | 4 | 2 | 2 | | |
| 6. | Жидкие струи. Двухфазные потоки. Плазменные струи. Тепловые зоны перед телом. Барьерные разряды. Пористые поверхности. Физическая идея программы «Аякс» и ее обоснование. Управление C_x и C_y и их связь с выбором траектории полета. | 7 | 2 | 2 | | | |
| 7. | Проблемы многофазных течений типа газа с твердыми частицами. Основные уравнения движения и проблемы их замыкания. Течение в сопле Лаваля. Соотношения на разрывах и их классификация. Структура ударных волн многофазных и многокомпонентных средах. Обтекание тел двухфазным потоком газа с твердыми частицами. | 8-9 | 2 | 2 | | | |
| 8. | Проблемы высокоскоростного взаимодействия тел. Математическое моделирование задачи высокоскоростного взаимодействия | 10-11 | 4 | 2 | 2 | | |

| | | | | | | | |
|---------------|---|-------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| | тел. Уравнения состояния и процессы с учетом разрушения. Особенности численного моделирования. Моделирование процессов метания пластин и оболочек с учетом фрагментации. | | | | | | |
| 9. | Гетерогенные среды и их моделирование при динамических нагрузках. Методы осреднения с учетом наносоставляющих. Методы нагружения и особенности моделирования статических и динамических нагрузок. Структура волн сжатия и разрежения в пористых материалах. | 12-13 | 4 | 4 | | | |
| 10. | Технологические аспекты в задачах механики сплошных сред. Процессы напыления (детонационное, плазменное и ХГН). | 14 | 4 | 2 | | 2 | |
| 11. | Мембранные технологии. Процессы переработки углеводородов. Физические и математические процессы создания твердосплавного инструмента. Процессы акустической сушки материалов. СО ₂ -лазеры и процессы взаимодействия излучения с веществом. | 15-16 | 6 | 4 | | 2 | |
| 12. | Зачет | 17 | 2 | | | | 2 |
| Итого: | | | 36 | 26 | 4 | 4 | 2 |

Программа и основное содержание лекций (26 часов)

Раздел 1. Введение. История развития института и становление научной тематики. (2 часа)

Раздел 2. Различные способы описания движения. Дискретные подходы, механика точки и системы материальных точек. Основные законы сохранения для механики сплошной среды. Проблемы замыкания. Предельные переходы от дискретных моделей к сплошным. (2 часа)

Раздел 3. Некоторые точные решения основных уравнений механики сплошных сред. Интеграл Бернулли. Сопло Лавалю. Течения Куэтта и Пуазейля. Простые волны Римана, градиентная катастрофа. Соотношения на ударной волне. Течения Прандтля - Майкра. Метод годографа и его обобщение. (2 часа)

Раздел 4. Метод газодинамического конструирования летательных аппаратов. (2 часа)

Раздел 5. Управление сверхзвуковыми потоками вблизи летательных аппаратов. Идея и зачем нужно увеличивать качество $k = C_y/C_x$. Интегрирование планера и двигателя. Способы управления C_x . механическая (игла). игла с выдувом и горением. (2 часа)

Раздел 6. Жидкие струи. Двухфазные потоки. Плазменные струи. Тепловые зоны перед телом. Барьерные разряды. Пористые поверхности. Физическая идея программы «Аякс» и ее обоснование. Управление C_x и C_y и их связь с выбором траектории полета. (2 часа)

Раздел 7. Проблемы многофазных течений типа газа с твердыми частицами. Основные уравнения движения и проблемы их замыкания. Течение в сопле Лавалю. Соотношения на разрывах и их классификация. Структура ударных волн в многофазных и многокомпонентных средах. Обтекание тел двухфазным потоком газа с твердыми частицами. (2 часа)

Раздел 8. Проблемы высокоскоростного взаимодействия тел. Математическое моделирование задач высокоскоростного взаимодействия тел. Уравнения состояния и процессов с учетом разрушения. Особенности численного моделирования. Моделирование процессов метания пластин и оболочек с учетом фрагментации. (2 часа)

Раздел 9. Гетерогенные среды и их моделирование при динамических нагрузках. Методы осреднения с учетом наносоставляющих. Методы нагружения и особенности моделирования статических и динамических нагрузок. Структура волн сжатия и разрежения в пористых материалах. (4 часа)

Раздел 10. Технологические аспекты в задачах механики сплошных сред. Процессы напыления (детонационное, плазменное и ХГН). (2 часа)

Раздел 11. Мембранные технологии. Процессы переработки углеводов. Физические и математические процессы создания твердосплавного инструмента. Процессы акустической сушки материалов. CO₂-лазеры и процессы взаимодействия излучения с веществом. (4 часа)

Программа практических занятий (4 часа)

Занятие 1. Управление сверхзвуковыми потоками вблизи летательных аппаратов. Идея и зачем нужно увеличивать качество $k = C_y/C_x$. Интегрирование планера и двигателя. (2 часа)

Занятие 2. Математическое моделирование задач высокоскоростного взаимодействия тел. Уравнения состояния и процессов с учетом разрушения. Особенности численного моделирования. (2 часа)

Самостоятельная работа студентов (4 часа)

| Перечень занятий на СРС | Объем, час |
|--|------------|
| Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях | 4 |

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. Мейз Дж. Теория и задачи механики сплошных сред. М.: Мир, 1974.
2. Овсянников Л. В. Введение в механику сплошных сред: учебное пособие. Новосибирск: НГУ, 1976. Ч.1, 2.
3. Седов, Л.И. Введение в механику сплошной среды. Физматгиз, 1962

5.2. Дополнительная литература

1. Прандтль Л. Гидроаэромеханика. М.; Ижевск, 2000.
2. Седов Л. И. Механика сплошной среды. М.: Наука, 1970. Т.1, 2.
3. Черный Г. Г. Газовая динамика. М.: Наука, 1988.

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

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями:

1. Шиплюк А. Н., Фомин В. М. и др. Влияние пористых покрытий на устойчивость гиперзвуковых пограничных слоев // ПМТФ. 2004. Т.45. № 2. С.169-176.
<http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>

2. Яненко Н.Н., Солоухин Р.И., Фомин В.М., Папырин А.Н. Сверхзвуковые двухфазные течения в условиях скоростной неравновесности частиц. – Новосибирск: Наука, 1980. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
 3. Фомин В. М., Киселев С. П., Руев Г. А., Трунев А. П. Ударно-волновые процессы в двухкомпонентных и двухфазных средах. Новосибирск: Наука, 1992. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
 4. Фомин В.М. и др. Высокоскоростное взаимодействие тел. Новосибирск: Наука, СО РАН, 1999.
 5. Фомин В.М., Третьяков П. К. Активные способы воздействия на сверхзвуковое обтекание тел // Матер. науч. сессии СО РАН. Современные проблемы науки. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2004. С.185-208. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
 6. Фомин В. М., Гунько Ю. П., Мажуль И. И. // Наука из первых рук. 2005. № 2, № 3. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
 7. Карман Т. Аэродинамика. Избранные темы в их историческом развитии. М.; Ижевск: Динамика, 2001. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
 8. Карман Т. От аэродинамики малых скоростей к астронавтике. М.; Ижевск: Динамика, 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 «Проблемы аэрофизики» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, 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. На экран выводятся формулировки теорем, определения, основные понятия, а также графические иллюстрации, помогающие наглядно подать материал.

Демонстрация основных физических явлений проводится на действующих аэродинамических установках, таких как аэродинамические трубы ИТПМ СО РАН Т-327, Т-325, Т-324, Т-326, Т-313, АТ-303, ИТ-302, на моделях летательных аппаратов и их элементов. 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».

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.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Зачет по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области аэрофизики для решения задач, возникающих при изучении механики сплошной среды.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на зачете. Зачет проводится в зачетную неделю в устной форме. Вопросы подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. «Зачет» ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня и означает успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

| Индикатор | Результат обучения по дисциплине | Оценочные средства |
|---|--|---------------------------|
| ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты. | Знать основной математический аппарат, который используется в аэрофизике; свойства и структуру физических процессов, происходящих в различных средах; основные закономерности формирования законов в области механики сплошной среды. | Проведение опроса, зачет. |
| ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области | Уметь создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей, подбирать математический аппарат для решения конкретной аэрофизической задачи. | Проведение опроса, зачет. |
| ПК 1.3 Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования | Владеть знаниями о методах описания движения в механике сплошной среды, навыками самостоятельной работы со специализированной литературой, входящей в рекомендованный и дополнительный список литературы к курсу аэрофизики. | Проведение опроса, зачет. |

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Проблемы аэрофизики».

Таблица 10.2

| Критерии оценивания результатов обучения | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Уровень освоения компетенции | | | |
|--|---|--|---|--|---|
| | | Не сформирован (не зачтено) | Пороговый уровень (зачтено) | Базовый уровень (зачтено) | Продвинутый уровень (зачтено) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Полнота знаний | ПК 1.1 | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки. | Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок. | Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы. | Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы. |
| Наличие умений | ПК 1.2 | Отсутствие минимальных умений. | Продемонстрированы частично основные умения. Решены | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания |

| | | | | | |
|-----------------------------------|--------|--|--|--|---|
| | | Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки. | типовые задачи. Допущены негрубые ошибки. | ошибками или с недочетами. | 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

Вопросы к зачёту

1. Дискретные подходы, механика точки и системы материальных точек.
2. Основные законы сохранения для механики сплошной среды. Проблемы замыкания.
3. Предельные переходы от дискретных моделей к сплошным.
4. Некоторые точные решения основных уравнений механики сплошных сред.
5. Интеграл Бернулли.
6. Сопло Лаваля.
7. Течения Куэтта и Пуазейля.
8. Простые волны Римана, градиентная катастрофа.
9. Соотношения на ударной волне.
10. Течения Прандтля - Майкра.
11. Метод годографа и его обобщение.
12. Метод газодинамического конструирования летательных аппаратов.
13. Управление сверхзвуковыми потоками вблизи летательных аппаратов.
14. Идея и зачем нужно увеличивать качество $k = C_y/C_x$.
15. Интегрирование планера и двигателя.
16. Способы управления C_x
17. Физическая идея программы «Аякс» и ее обоснование.
18. Управление C_x и C_y и их связь с выбором траектории полета.

-
1. Проблемы многофазных течений типа газа с твердыми частицами.
 2. Основные уравнения движения и проблемы их замыкания.
 3. Течение в сопле Лаваля.
 4. Соотношения на разрывах и их классификация.
 5. Структура ударных волн в многофазных и многокомпонентных средах.
 6. Обтекание тел двухфазным потоком газа с твердыми частицами.
 7. Математическое моделирование задач высокоскоростного взаимодействия тел.
 8. Уравнения состояния и процессов с учетом разрушения.
 9. Особенности численного моделирования.
 10. Моделирование процессов метания пластин и оболочек с учетом фрагментации.
 11. Гетерогенные среды и их моделирование при динамических нагрузках.

12. Методы осреднения с учетом наносоставляющих.
13. Методы нагружения и особенности моделирования статических и динамических нагрузок.
14. Структура волн сжатия и разрежения в пористых материалах.
15. Технологические аспекты в задачах механики сплошных сред.

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
«Проблемы аэрофизики»
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 |
|---|--|--|------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |