

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**  
**Директор физтех-школы**  
**аэрокосмических технологий**  
**С.С. Негодяев**

|                            |  |
|----------------------------|--|
|                            | <b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>           |
| <b>по дисциплине:</b>      | Нестационарная аэрогазодинамика                        |
| <b>по направлению:</b>     | Прикладные математика и физика                         |
| <b>профиль подготовки:</b> | Космические технологии                                 |
|                            | Физтех-школа Аэрокосмических Технологий                |
|                            | кафедра аэрофизической механики и управления движением |
| <b>курс:</b>               | 1  |
| <b>квалификация:</b>       | магистр  |

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: С.П. Рыбак, ассистент

Программа обсуждена на заседании кафедре аэрофизической механики и управления движением 06.04.2020

## Аннотация

Изучение дисциплины направлено на углубление и расширение базовой профессиональной подготовки магистранта, формирование соответствующих компетенций.

В учебной дисциплине рассматриваются основные теоретические понятия, концепции и подходы в области акустики и пульсаций давления ракет-носителей и возвращаемых аппаратов. Студенты изучают различные прикладные и технологические задачи, связанные с акустикой, учатся формировать физические модели для задач расчета акустических полей и пульсаций давления, математические постановки для математического и экспериментального моделирования акустических процессов, а также составлять численные модели задач акустики.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- формирование базовых знаний по современному состоянию и методам исследования акустики и пульсаций давления ракет-носителей и возвращаемых аппаратов.

#### Задачи дисциплины

- дать студентам базовые знания по современным моделям и методам исследования акустики и пульсаций давления.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

| Код и наименование компетенции  | Индикаторы достижения компетенции   |
|---|---|
| ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи  | ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации |
|   | ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности  |
|   | ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость   |
| ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты | ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели   |
|   | ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности  |
|   | ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты  |

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, методы и теории в области пульсаций давления и акустики;
- современные расчетные и экспериментальные методы, используемые при анализе пульсаций давления и акустики.

уметь:

- решать прикладные и технологические задачи связанные с акустикой;
- формировать физические модели для задач расчета акустических полей и пульсаций давления;
- формировать математические постановки для математического и экспериментального моделирования акустических процессов;
- составлять численные модели задач акустики;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и вычислительные методики;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками самостоятельной работы;
- навыками критического и конструктивного анализа информации, присутствующей в научных публикациях и в интернете;
- навыками постановки и вычислительного моделирования задач аэрофизической механики, механики жидкости и газа.

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

##### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

| №                     | Тема (раздел) дисциплины   | Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час. |          |                 |                |
|-----------------------|--|---|----------|-----------------|----------------|
|                       |  | Лекции  | Семинары | Лаборат. работы | Самост. работа |
| 1                     | Основные уравнения аэроакустики.   |   | 4        |                 | 2              |
| 2                     | Основные источники акустического излучения и пульсаций давления.   |   | 5        |                 | 2              |
| 3                     | Описание и характеристики аэроакустических процессов.  |   | 5        |                 | 2              |
| 4                     | Принципы обработки данных мониторинга случайных процессов.   |   | 5        |                 | 2              |
| 5                     | Системы сбора, обработки и анализа виброакустических данных.   |   | 5        |                 | 2              |
| 6                     | Методики прогноза аэроакустических характеристик при проектировании изделий новой техники.   |   | 3        |                 | 2              |
| 7                     | Практические занятия на специализированных программно-аппаратных комплексах сбора, обработки и анализа виброакустической информации. |   | 3        |                 | 3              |
| Итого часов           |  |   | 30       |                 | 15             |
| Подготовка к экзамену |  | 0 час.  |          |                 |                |
| Общая трудоёмкость    |  | 45 час., 1 зач.ед.  |          |                 |                |

##### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

## 1. Основные уравнения аэроакустики.

Введение в нестационарную аэрогазодинамику. Основные уравнения аэроакустики и их связь с уравнениями аэрогазодинамики. Взаимовлияние аэрогазодинамических характеристик.

## 2. Основные источники акустического излучения и пульсаций давления.

Механизмы процессов аэроакустики. Шум струй реактивных двигателей и внешнего обтекания. Шум систем и бортового оборудования модулей пилотируемых станций.

## 3. Описание и характеристики аэроакустических процессов.

Методы и средства исследований. Аппаратные средства измерений и регистрации быстроменяющихся процессов.

## 4. Принципы обработки данных мониторинга случайных процессов.

Математические основы обработки и анализа акустических измерений.

## 5. Системы сбора, обработки и анализа виброакустических данных.

Занятия по записи акустической информации. Ознакомление с характеристиками датчиков и записывающей аппаратуры. Занятия по математической обработке, фильтрации и анализу экспериментальных данных.

## 6. Методики прогноза аэроакустических характеристик при проектировании изделий новой техники.

Обзор основных свойств имеющихся в наличии программных средств, включая коммерческие.

## 7. Практические занятия на специализированных программно-аппаратных комплексах сбора, обработки и анализа виброакустической информации.

Примеры применения в пилотируемых и непилотируемых проектах. Перспективы развития, включая средства пассивного и активного управления интенсивностью акустического излучения.

## **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Учебная аудитория, компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система).

## **6. Перечень рекомендуемой литературы**

### Основная литература

1. Авиационная акустика [Текст]. В 2 ч. Ч. 1/под ред. А. Г. Мунина, Шум на местности дозвуковых пассажирских самолетов и вертолетов, -М., Машиностроение, 1986
2. Авиационная акустика [Текст]. В 2 ч. Ч. 2/под ред. А. Г. Мунина, Шум в салонах пассажирских самолетов , -М., Машиностроение, 1986
3. Применения корреляционного и спектрального анализа [Текст]/Дж. Бендат, А. Пирсол , -М., Мир, 1983

1. А.Н. Антонов, В.М. Купцов, В.В. Комаров «Пульсации давления при струйных и отрывных течениях». Москва, «Машиностроение». 1990.

#### Дополнительная литература

1. Гидродинамические проблемы турбулентного шума [Текст]/В. С. Петровский, -Л., Судостроение, 1966

### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

- 1.<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/fluid.htm> Мир Математических Уравнений
- 2.<http://elibrary.ru/defaultx.asp> российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 19 млн научных статей и публикаций
- 3.[www.mathnet.ru/](http://www.mathnet.ru/) Общероссийский математический портал
- 4.<http://www.netlib.org/na-digest-html/> Netlib, a collection of mathematical software, papers, and databases
- 5.<http://www.cfd-online.com/> Ресурс по вычислительной газодинамике CFD Online
- 6.<http://arxiv.org/> Open access to 993,562 e-prints in Physics, Mathematics, Computer Science

### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Пакеты офисного программного обеспечения Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint), OpenOffice.

### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Успешное освоение курса требует большой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала (по конспектам семинаров, учебной и научной литературе).

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате опросов по рассмотренным темам и индивидуальных консультаций.

Критерием качества владения материалом служит умение анализировать и применять на практике полученную информацию соответствующего уровня сложности.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**по направлению:** Прикладные математика и физика  
**профиль подготовки:** Космические технологии  
Физтех-школа Аэрокосмических Технологий  
кафедра аэрофизической механики и управления движением  
**курс:** 1  
**квалификация:** магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчик:** С.П. Рыбак, ассистент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

| Код и наименование компетенции  | Индикаторы достижения компетенции   |
|---|---|
| ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи  | ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации |
|   | ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности  |
|   | ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость   |
| ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты | ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели   |
|   | ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности  |
|   | ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты  |

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Нестационарная аэрогазодинамика» обучающийся должен:

### знать:

- фундаментальные понятия, методы и теории в области пульсаций давления и акустики;
- современные расчетные и экспериментальные методы, используемые при анализе пульсаций давления и акустики.

### уметь:

- решать прикладные и технологические задачи связанные с акустикой;
- формировать физические модели для задач расчета акустических полей и пульсаций давления;
- формировать математические постановки для математического и экспериментального моделирования акустических процессов;
- составлять численные модели задач акустики;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и вычислительные методики;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

### владеть:

- навыками самостоятельной работы;
- навыками критического и конструктивного анализа информации, присутствующей в научных публикациях и в интернете;
- навыками постановки и вычислительного моделирования задач аэрофизической механики, механики жидкости и газа.

### 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущий контроль осуществляется в форме устного опроса на занятиях.

### 4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Примеры билетов:

#### БИЛЕТ № 1

1. Основные уравнения аэроакустики.
2. Шум струй реактивных двигателей и внешнего обтекания.
3. Системы сбора, обработки и анализа виброакустических данных

#### БИЛЕТ № 2

1. Взаимовлияние аэрогазодинамических характеристик
2. Принципы обработки данных мониторинга случайных процессов
3. Методики прогноза аэроакустических характеристик при проектировании изделий новой техники.

#### БИЛЕТ № 3

1. Механизмы процессов аэроакустики.
2. Основные источники акустического излучения и пульсаций давления.
3. Средства измерений и регистрации быстроменяющихся процессов.

### Критерии оценивания

оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, если он твердо знает материал экзаменационного билета, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе некоторые неточности;

оценка «хорошо (6)» выставляется студенту, если он знает материал экзаменационного билета, по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе много неточностей;

оценка «хорошо (5)» выставляется студенту, если он знает материал экзаменационного билета, излагает его, умеет применять полученные знания на практике, не допускает в ответе грубых ошибок;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту если во время ответа экзаменационного билета он показал фрагментарный, характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета он показал разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушение логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «неудовлетворительно (2-1)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета, он показал, что не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения дифференцированного зачета при подготовке ответов на билеты обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами семинаров и любой другой литературой.

Во время проведения дифференцированного зачета при ответе обучающегося на вопросы по билету или по программе дисциплины он не может пользоваться конспектами семинаров и любой другой литературой.