

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

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

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Лабораторный практикум по механике сплошных сред: гидрогазодинамика
по направлению:	Техническая физика
профиль подготовки:	Техническая физика космических летательных аппаратов Физтех-школа Аэрокосмических Технологий центр образовательных программ ФАКТ
курс:	2
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 4 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 45 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 45 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составили:

В.В. Кривец, канд. физ.-мат. наук, доцент

А.И. Крикунова, канд. физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании центра образовательных программ ФАКТ 02.12.2024

Аннотация

Курс "Лабораторный практикум по механике сплошных сред: гидрогазодинамика" относится к обязательной части образовательной программы, изучается на 2 курсе.

Изучение учебной дисциплины направлено на формирование базовых знаний по газовой динамике и наработке навыков проведения физического эксперимента.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- закрепление базовых теоретических знаний и получение практических навыков в области механики сплошных сред для использования при изучении дисциплин по соответствующей бакалаврской программе.

Задачи дисциплины

- приобретение практических навыков при моделировании и измерении гидродинамических и прочностных параметров.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями и законами современных естественнонаучных дисциплин в сфере своей профессиональной деятельности
	ОПК-1.2 Использует необходимые физические законы и понимает границы их применимости
ОПК-3 Способен осуществлять теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности	ОПК-3.1 Способен проводить анализ проблем и задач, возникающих в избранной области технической физики
	ОПК-3.2 Способен решать поставленные задачи в области теоретических и экспериментальных исследований
	ОПК-3.3 Обладает способностью к освоению и применению новых знаний, полученных при изучении литературы, научных статей и других источников

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные направления теоретического курса «Введение в механику сплошных сред»;
- основы теории переноса излучения в сплошной среде, теории движения вязкой жидкости;
- основы газовой динамики (сопло Лаваля, прямые и косые скачки уплотнения, потеря полного давления);
- основы теории упругости, пластичности и ползучести;
- физические законы и физико-математические модели, лежащие в основе описания свойств сплошной среды;
- основные понятия, определения и уравнения, используемые при постановке и решении задач в области механики сплошной среды.

уметь:

- применять на практике знания, полученные в результате изучения физико-математических дисциплин на 1-2 курсе;
- получать численные оценки ключевых характеристик газодинамических потоков;
- рассчитывать простые инженерные конструкции и их элементы на прочность;
- уметь настраивать экспериментальное оборудование, используемое в лабораторных работах.

владеть:

- навыками усвоения междисциплинарной информации в области физики твердого тела, жидкости, газа, теории переноса излучения в сплошной среде, методов решения задач;
- культурой постановки и математического моделирования физических задач в данной предметной области;
- экспериментальными навыками измерения результатов для определения параметров изучаемой среды;
- навыками компьютерной обработки экспериментальных результатов.

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	Измерение температуры пламени методом обращения спектральных линий.			8	10
2	Определение числа Рейнольдса перехода к турбулентности в пограничном слое.			10	10
3	Изучение характеристик баллистической установки.			12	10
4	Изучение режимов истечения газа из сопла Лаваля.			15	15
Итого часов				45	45
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

Семестр: 4 (Весенний)

1. Измерение температуры пламени методом обращения спектральных линий.

Измерение температуры пламени методом обращения спектральных линий.

Этапы выполнения работы:

Занятие 1

1. Изучение описания лабораторной работы.
2. Сдача коллоквиума.
3. Настройка измерительной аппаратуры.
4. Достижение момента обращения спектральных линий дублета натрия на фоне подсветки лампой С-10.
5. Измерение яркостной температуры лампы С-10 с помощью пирометра ЛОП-72.

Занятие 2

1. Анализ результатов измерений. Перерасчет яркостной температуры с красного диапазона (6500 А) в желтый (5890 А).
2. Составление отчета о проведении лабораторной работы.
3. Сдача работы.

2. Определение числа Рейнольдса перехода к турбулентности в пограничном слое.

Этапы выполнения работы:

Занятие 1

1. Изучение описания лабораторной работы.
2. Сдача коллоквиума.
3. Сборка и отладка экспериментальной установки.
4. Проведение измерений профиля скоростей в ламинарном пограничном слое.

Занятие 2

1. Проведение измерений профиля скоростей в турбулентном пограничном слое.
2. Проведение измерений скорости потока газа в пограничном слое при увеличении скорости внешнего потока.
3. Составление отчета о проведении лабораторной работы.
4. Сдача работы.

3. Изучение характеристик баллистической установки.

Этапы выполнения работы:

Занятие 1

1. Изучение описания лабораторной работы.
2. Сдача коллоквиума.
3. Ознакомление с экспериментальной установкой.
4. Пробное включение установки в присутствии преподавателя.
5. Измерение скорости «тяжелой» пули в зависимости от давления толкающего газа.

Занятие 2

1. Измерение скорости «легкой» пули в зависимости от давления толкающего газа.
2. Обработка и обсуждение результатов.
3. Оформление отчета и сдача работы.

4. Изучение режимов истечения газа из сопла Лавала.

Этапы выполнения работы:

Занятие 1

1. Изучение описания лабораторной работы.
2. Сдача коллоквиума.
3. Ознакомление с экспериментальной установкой.
4. Измерение критического и выходного сечений сопла Лавала для двух различных сопел.
5. Расчет чисел Маха.

Занятие 2

1. Сборка установки.
2. Установление расчетного сверхзвукового течения.
3. Измерение расстояния отошедшей ударной волны от насадка полного напора.
4. Расчет потерь полного давления за ударной волной.
5. Оформление отчета и сдача работы.

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

На лабораторных занятиях используются стенды, специально разработанные и собранные для проведения лабораторных работ.
Также в отдельных работах используется стандартное испытательное оборудование.
В работе «Оптический метод измерения напряжений» используется поляризационно-оптическая установка, в работе «Определение механических характеристик сыпучей среды» используется испытательное оборудование для слабосвязанных грунтов, в работе «Определение предела прочности в анизотропной пластинке» используется разрывная машина с максимальным усилием 50 кН.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Теория пограничного слоя [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Г. Шлихтинг ; пер. с нем. Г. А. Вольперта ; под ред. Л. Г. Лойцянского .— 6-е изд. — М. : Наука, 1974 .— 711 с.
2. Прикладная газовая динамика [Текст] : в 2 ч. Ч. 1 : [учеб. пособие для вузов] / Г. Н. Абрамович .— 5-е изд., перераб. и доп. — М. : Наука, 1991 .— 600 с.
3. Прикладная газовая динамика [Текст] : в 2 ч. Ч. 2 : [учеб. пособие для вузов] / Г. Н. Абрамович .— 5-е изд., перераб. и доп. — М. : Наука, 1991 .— 301 с.
4. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т. Т. 6 : Гидродинамика : учеб. пособие для вузов : рек. М-вом образования Рос. Федерации / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского .— 5-е изд., стереотип. — 3-е изд., перераб. — М. : Физматлит, 1986, 1988, 2003, 2006 .— 736 с.
5. Механика жидкости и газа [Текст] : учебник для вузов / Л. Г. Лойцянский ; Рек. М-вом образования РФ .— 7-е изд., испр. — М. : Дрофа, 2003 .— 840 с.

Дополнительная литература

1. Введение в механику жидкости и газа [Текст] : учеб. пособие для вузов / Н. Н. Широков, Э. Н. Вознесенский ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Фед. агентство по образованию, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— М. : Изд-во МФТИ, 2007 .— 324 с.
2. Введение в гидрогазодинамику и теорию ударных волн для физиков [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю. П. Райзер .— М. : Интеллект, 2011 .— 432 с.

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

1. <http://lib.mipt.ru/> – электронная библиотека Физтеха
2. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
3. <http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.

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

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

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

Студент, изучающий дисциплину «Лабораторный практикум по механике сплошной среды», должен закрепить знания, полученные при изучении курса «Введение в механику сплошных сред» и научиться применять эти знания на практике при моделировании конкретных гидродинамических и прочностных явлений.

Успешное освоение дисциплины требует напряжённой самостоятельной работы студента. Самостоятельная работа включает в себя:

- проработку учебного материала по описаниям лабораторных работ;
- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- решение конкретных задач;
- подготовку к сдаче лабораторных работ.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется преподавателем в форме опросов по контрольным вопросам, приведенным в описаниях лабораторных работ, и индивидуальных консультаций.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Техническая физика
профиль подготовки:	Техническая физика космических летательных аппаратов Физтех-школа Аэрокосмических Технологий центр образовательных программ ФАКТ
курс:	<u>2</u>
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 4 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчики:

В.В. Кривец, канд. физ.-мат. наук, доцент
А.И. Крикунова, канд. физ.-мат. наук, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями и законами современных естественнонаучных дисциплин в сфере своей профессиональной деятельности
	ОПК-1.2 Использует необходимые физические законы и понимает границы их применимости
ОПК-3 Способен осуществлять теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности	ОПК-3.1 Способен проводить анализ проблем и задач, возникающих в избранной области технической физики
	ОПК-3.2 Способен решать поставленные задачи в области теоретических и экспериментальных исследований
	ОПК-3.3 Обладает способностью к освоению и применению новых знаний, полученных при изучении литературы, научных статей и других источников

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Лабораторный практикум по механике сплошных сред: гидрогазодинамика» обучающийся должен:

знать:

- основные направления теоретического курса «Введение в механику сплошных сред»;
- основы теории переноса излучения в сплошной среде, теории движения вязкой жидкости;
- основы газовой динамики (сопло Лаваля, прямые и косые скачки уплотнения, потеря полного давления);
- основы теории упругости, пластичности и ползучести;
- физические законы и физико-математические модели, лежащие в основе описания свойств сплошной среды;
- основные понятия, определения и уравнения, используемые при постановке и решении задач в области механики сплошной среды.

уметь:

- применять на практике знания, полученные в результате изучения физико-математических дисциплин на 1-2 курсе;
- получать численные оценки ключевых характеристик газодинамических потоков;
- рассчитывать простые инженерные конструкции и их элементы на прочность;
- уметь настраивать экспериментальное оборудование, используемое в лабораторных работах.

владеть:

- навыками усвоения междисциплинарной информации в области физики твердого тела, жидкости, газа, теории переноса излучения в сплошной среде, методов решения задач;
- культурой постановки и математического моделирования физических задач в данной предметной области;
- экспериментальными навыками измерения результатов для определения параметров изучаемой среды;
- навыками компьютерной обработки экспериментальных результатов.

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

Текущий контроль осуществляется в форме самостоятельных работ или тестов в письменной форме по каждой теме.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также индивидуальных консультаций.

3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков

Аттестация по дисциплине «Лабораторный практикум механике сплошных сред» проводится в форме дифференцированного зачета (устного) в 4-м семестре.

Текущий контроль осуществляется в форме самостоятельных работ или тестов в письменной форме по каждой теме.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также индивидуальных консультаций.

Дифференцированный зачет в 4-м семестре выставляется на основе результатов сдачи лабораторных работ. К дифференцированному зачету допускаются студенты, выполнившие все лабораторные работы. Итоговой оценкой на дифференцированном зачете является среднеарифметическое значение от всех работ.

Примеры вопросов, используемых для проведения дифференцированного зачета:

1. Законы, лежащие в основе феноменологической теории излучения.
2. Равновесное излучение (черное). Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана.
3. Степень черноты. Яркостная температура. Связь истинной и яркостной температур.
4. Понятие ламинарного и турбулентного течений.
5. Понятие пограничного слоя.
6. Толщина вытеснения. Толщина потери импульса.
7. При каких числах Рейнольдса осуществляется переход от ламинарного к турбулентному потоку?
8. Нестационарное расширение газа в пустоту (решение термодинамической задачи).
9. Нестационарное расширение газа в пустоту с учетом противодействия.
10. Вычислить максимальную скорость пули при неограниченном увеличении давления толкающего газа.
11. Назвать основные параметры, влияющие на скорость выталкиваемого снаряда.
12. Качественные изменения термодинамических параметров газа при истечении из сопла Лаваля.
13. Адиабата Гюгонио. Отличие от обычной адиабаты.
14. Потеря полного давления за прямым скачком уплотнения.
15. Расчет косоугольного скачка уплотнения.
16. Расчетный режим работы сверхзвукового сопла.
17. Напряженное состояние. Формула Коши для напряжений. Нормальное и касательное напряжение. Круги Мора.
18. Расчет статически неопределимых и статически определимых стержневых систем.
19. Элементарная теория изгиба балки. Момент инерции сечения. Энергия при изгибе. Применение теоремы Кастилиано в задачах изгиба статически неопределимой балки.
20. Вывести формулу Эйлера для устойчивости стержня при продольной нагрузке. Определение критической нагрузки при различных способах закрепления стержня.
21. Сформулировать закон Гука для изотропного твердого тела. Сколько независимых упругих констант нужно для описания поведения изотропного упругого тела? Дать понятие анизотропии.

22. Дать определение ползучести. Сформулировать принцип суперпозиции Больцмана. Качественно изобразить развитие деформаций в образце при ступенчатом нагружении.

23. Сформулировать законы текучести Треска и Кулона. Показать, как с помощью кругов Мора графически определить угол внутреннего трения и коэффициент сцепления для сыпучей среды (грунта).

4. Критерии оценивания

оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания при ответе на контрольные вопросы и имеющему отличный результат сдачи лабораторных работ,

оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания при ответе на контрольные вопросы и имеющему отличный результат сдачи лабораторных работ,

оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему глубокие знания при ответе на контрольные вопросы и имеющему отличный результат сдачи лабораторных работ,

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, продемонстрировавшему твердые, систематизированные знания материала при ответе на контрольные вопросы и имеющему хороший результат сдачи лабораторных работ,

оценка «хорошо (6)» выставляется студенту продемонстрировавшему, систематизированные знания материала при ответе на контрольные вопросы и имеющему хороший результат сдачи лабораторных работ,

оценка «хорошо (5)» выставляется студенту продемонстрировавшему, систематизированные знания материала при ответе на контрольные вопросы и имеющему хороший результат сдачи лабораторных работ,

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется, если во время ответа студент показывает нетвердое знание базовых положений, связанных с материалом контрольных вопросов, но имеет хороший результат сдачи лабораторных работ,

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется, если во время ответа студент показывает разрозненный характер знаний, нечеткие, но без грубых ошибок, формулировки базовых положений, связанных с материалом контрольных вопросов, имеет удовлетворительный результат сдачи лабораторных работ,

оценка «неудовлетворительно (2-1)» выставляется, если во время ответа, студент показывает, что не знает большей части основного содержания материалов связанных с контрольными вопросами, имеет удовлетворительный результат сдачи лабораторных работ.

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

Дифференцированный зачет по дисциплине является заключительным этапом изучения всего курса и имеет целью проверку знаний студентов по теории (ответы на контрольные вопросы) и выявление практических навыков применения полученных знаний при

выполнении лабораторных работ, а также навыков самостоятельной работы с рекомендованной учебно-научной литературой.

Дифференцированный зачет проводится в устной форме и состоит в ответе на 1 - 2 контрольных вопроса.

Преподавателю предоставляется право, помимо теоретических вопросов задавать студентам дополнительные вопросы, уточняющие понимание студентом содержания курса. На подготовку к зачету и опрос отводится время в соответствии с утвержденными нормативами.