

**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**



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

**Рабочая программа дисциплины
МЕТОДЫ АЭРОФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА 1**

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	14	16		4			2		
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - контактная работа 32 часа										
Компетенции ПК-1, ПК-2										

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.	6
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	7
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	7
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	8
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	8

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

Дисциплина "Методы аэрофизического эксперимента 1" представляет собой начальный курс, знакомящий с физическим моделированием в аэрофизических исследованиях, предназначенный для обучения студентов-физиков, специализирующихся в области аэрофизики и газовой динамики.

Целью освоения курса является ознакомление студентов с 1) соотношением между теорией и экспериментом в механике; 2) соотношением между численным, физическим и техническим моделированием; 3) системой определяющих параметров для выделенного класса явлений в теории и при постановке эксперимента в аэрогидродинамике; 4) определением физического подобия, критериями подобия (числа Рейнольдса, Грасгофа, Прандтля, Еккерта, Маха, Эйлера и др.); 5) аэродинамическими трубами и высокоэнтальпийными установками для аэрофизического моделирования.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
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>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 основные принципы и физические особенности современных аэродинамических труб и газодинамических установок, преимущества и недостатки аэродинамических труб различного типа, роль форкамеры, хонейкомба в подготовке потока, основы моделирования условий полета летательных аппаратов в аэрофизическом эксперименте, технику экспериментирования при дозвуковых, трансзвуковых, сверхзвуковых и гиперзвуковых скоростях, условия динамического подобия потоков, критерии подобия в аэрогидромеханике (числа Рейнольдса, Грасгофа, Прандтля, Еккерта, Маха, Эйлера и др.).</p> <p>Уметь объяснять основные принципы, схемные и конструктивные особенности современных аэродинамических труб и газодинамических установок, практические применения теории подобия в аэрогидромеханике.</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		Владеть теоретическими знаниями построения аэродинамических установок, основ моделирования условий полета летательных аппаратов в аэрофизическом эксперименте.

Всюду, где это допускается уровнем знаний и подготовки студентов, материал лекционного курса увязывается с современными исследованиями в области механики жидкости и газа. 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 изучаемыми по данной специальности (Теоретическая аэрогидромеханика 1, 2, Проблемы аэрофизики).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Методы аэрофизического эксперимента 1» 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 «Методы аэрофизического эксперимента 1» 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	14	16		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 успеваемости: опросы по темам лекций и практических занятий
- промежуточная аттестация: зачет.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 1 зачетную единицу.

- занятия лекционного типа – 14 часов;
- практические занятия – 16 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 4 часа;
- промежуточная аттестация (зачет) – 2 часа.

Объем 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 «Методы аэрофизического эксперимента 1» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 3-м курсе физического факультета НГУ в 5 семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачётную единицу, 36 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.	Введение	1	4	2		2	
2.	Физическое моделирование	2-7	11	6	5		
3.	Аэродинамические установки	8-13	11	6	5		
4.	Экскурсия на аэродинамические установки ИТПМ	14-16	8		6	2	
5.	Зачет	17	2				2
Итого:			36	14	16	4	2

Программа и основное содержание лекций (14 часов)

Введение (2 часа)

Соотношение между теорией и экспериментом в механике. Содержание спецкурса и связь с другими дисциплинами, читаемыми на кафедре.

Физическое моделирование (6 часов)

Физическое моделирование как составная часть аэрофизических исследований. Соотношение между численным, физическим и техническим моделированием. Система определяющих параметров для выделенного класса явлений в теории и при постановке эксперимента в аэрогидродинамике. Величины с основными и произвольными размерностями. Физические

постоянные. π - теорема. Определение физического подобия. Критерии подобия в аэрогидромеханике (числа Рейнольдса, Грасгофа, Прандтля, Еккерта, Маха, Эйлера и др.). Соотношение между принципом размерности и методом подобия.

Принцип обращения движения.

Натурные условия полета летательных аппаратов.

Факторы, которые могут вызвать отличие поведения рабочего тела от совершенного газа.

Аэродинамические установки (6 часов)

Аэродинамические трубы и высокоэнтальпийные установки для аэрофизического моделирования.

Общие требования к аэродинамическим установкам.

Классификация типов установки на основе физических явлений, лежащих в основе их действия.

Аэродинамические трубы дозвуковых скоростей (параметры моделирования, типы установок).

Транс-, сверх- и гиперзвуковые аэродинамические трубы (параметры моделирования).

Физические основы погрешностей, возникающих при исследованиях в аэродинамических трубах.

Криогенные аэродинамические трубы.

Эффект запираания аэродинамической трубы и особенности исследований при числах Маха, близких к единице.

Программа практических занятий (16 часов)

Занятия 1 -5. Физическое моделирование (5 часов)

Знакомство с вычислительным комплексом, многомерных, задач аэрогидродинамики π - теорема. Определение физического подобия. Критерии подобия в аэрогидромеханике (числа Рейнольдса, Грасгофа, Прандтля, Еккерта, Маха, Эйлера и др.). Соотношение между принципом размерности и методом подобия.

Занятия 6-10. Аэродинамические установки (5 часов)

Особенности аэродинамических установок ИТПМ СО РАН. Перспективы развития аэродинамических установок.

Определение основных характеристик в сверхзвуковой аэродинамической трубе

Занятия 11-12. Экскурсия на аэродинамические установки ИТПМ (6 часов)

Самостоятельная работа студентов (4 часа)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям.	2
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	2

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. Грек Г.Р., Козлов В.В., Литвиненко Ю.А., Устойчивость дозвуковых струйных течений и горение. // *Учебное пособие: Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2013. 239 стр. с дополнительным материалом в электронном виде, включающем презентации и видеоролики на CD-диске (423 мБ). ISBN 978-5-4437-0062-5.*
2. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М.: Наука, 1974.

5.2. Дополнительная литература

1. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. М.: Наука, 1977.
2. Абрамович Г. Н. Прикладная газовая динамика М: Наука, 1976.
3. Прикладная аэродинамика: межвузовский научно-технический сборник / М-во гражд. авиации СССР; [редкол.: А.М. Мхитарян (отв. ред.) и др.] Киев: Киев. ин-т инженеров гражд. авиации, 1976.

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

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями:

1. Бойко А.В., Грек Г.Р., Довгаль А.В., Козлов В.В. Физические механизмы перехода к турбулентности в открытых течениях. Москва: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2006. <http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
2. Мартынов А.К. Экспериментальная аэродинамика. М.: Оборонгиз, 1958
<http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
3. Поуп А., Гойн К. Аэродинамические трубы больших скоростей. М.: Мир, 1968.
<http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
4. Харитонов А.М. Техника и методы аэрофизического эксперимента, Часть 1 Аэродинамические трубы и газодинамические установки, Часть 2 Методы и средства аэрофизических измерений, Изд. НГТУ, Новосибирск, 2011.
<http://ns.itam.nsc.ru/lib/ecatalog/>
5. Звезгинцев В.И. Газодинамические установки кратковременного действия: ч.1. Установки для научных исследований. -Новосибирск: Параллель, 2014. -551 с.
<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 «Методы аэрофизического эксперимента 1» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации. Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: компьютером, видеопроектором. Для проведения лекций используются видео-презентации.

3. Действующие аэродинамические трубы ИТПМ СО РАН Т-327, Т-325, Т-324, Т-326, Т-313, АТ-303, ИТ-302, модели 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».

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 и практическим занятиям.

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 моделировании аэрофизического эксперимента.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на зачете. Зачет проводится по вопросам в устной форме. Вопросы подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1. Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины
Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p>	<p>Знать основные принципы и физические особенности современных аэродинамических труб и газодинамических установок, преимущества и недостатки аэродинамических труб различного типа, роль форкамеры, хонейкомба в подготовке потока, основы моделирования условий полета летательных аппаратов в аэрофизическом эксперименте, технику экспериментирования при дозвуковых, трансзвуковых, сверхзвуковых и гиперзвуковых скоростях, условия динамического подобия потоков, критерии подобия в аэрогидромеханике (числа Рейнольдса, Грасгофа, Прандтля, Эккерта, Маха, Эйлера и др.).</p>	<p>Проведение опроса, зачет.</p>
<p>ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области</p>	<p>Уметь объяснять основные принципы, схемные и конструктивные особенности современных аэродинамических труб и газодинамических установок, практические применения теории подобия в аэрогидромеханике.</p>	<p>Проведение опроса, зачет</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>Владеть теоретическими знаниями построения аэродинамических установок, основ моделирования условий полета летательных аппаратов в аэрофизическом эксперименте.</p>	<p>Проведение опроса, зачет</p>

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Методы аэрофизического эксперимента 1».

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. 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

Вопросы на зачет:

1. Условия динамического подобия потоков
2. Метод размерностей. π - теорема
3. Критерии подобия
4. Основное назначение теории подобия?
5. В каких случаях прибегают к теории размерностей?
6. Почему нельзя осуществить полное подобие?
7. Каковы основные преимущества аэродинамических труб замкнутого типа?
8. Роль форкамеры в формировании однородного поля скоростей в рабочей части?
9. Почему для выравнивания поля скоростей применяют сетки?
10. Какова роль хонейкомба в подготовке равномерного потока?
11. Какова роль диффузора в аэродинамических трубах?

12. Основные мероприятия, обуславливающие достижения низкой степени турбулентности?
13. Основные задачи, которые нужно решать при создании высокоскоростных аэродинамических труб?
14. Какие существуют типы аэродинамических труб больших скоростей?
15. Почему рабочие части трансзвуковых труб выполняются с перфорированными стенками?
16. Какова роль перфорированных границ в формировании трансзвуковых течений?
17. Каковы преимущества криогенных аэродинамических труб по сравнению с другими способами увеличения чисел Re ?
18. Основные требования к получению сверхзвукового потока.
19. Сопло Лавалья.
20. Основные требования к расположению моделей в рабочей части сверхзвуковых труб.
21. В чём суть проблемы влияния единичного числа Рейнольдса на характеристики сверхзвукового обтекания моделей?
22. Почему необходимо подогревать воздух и каковы пути предотвращения конденсации?
23. Основные условия реализации гиперзвукового потока.
24. Почему гиперзвуковые трубы в основном носят импульсный характер, и какие при этом возникают проблемы?
25. Достоинства и недостатки импульсных А.Т. с разрядной камерой.
26. Принцип действия ударных аэродинамических труб.
27. Принцип действия баллистических трасс

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 «Методы аэрофизического эксперимента 1»
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