

**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 физики сплошных сред

академик РАН



УТВЕРЖДАЮ

Декан ФФ

А. Е. Бондарь

2020 г.

Рабочая программа дисциплины

СОВРЕМЕННАЯ ГИДРОДИНАМИКА ЖИДКОСТИ

направление подготовки: **03.04.02 Физика, Курс 1, семестр 2**
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
2	72	32			18	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 36 часов										
Компетенции ПК-1, ПК-2										

Разработчик:

к.т.н., ст. преподаватель

А. В. Чеботников

Зав. КафФСС ФФ НГУ

д.т.н., проф.

Е.И. Пальчиков

Руководитель программы,

д.ф.-м.н.

И. Б. Логашенко

Новосибирск, 2020

Содержание

АннотацияОшибка! Закладка не определена.

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

Аннотация

к рабочей программе дисциплины курса «Современная гидродинамика жидкости»

Направление: **03.04.02 Физика**

Направленность (профиль): Общая и фундаментальная физика

Программа курса «Современная гидродинамика жидкости» составлена в соответствии с требованиями СУОС к уровню магистратуры по направлению подготовки **03.04.02 Физика, направленность «Общая и фундаментальная физика»**, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на физическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ) кафедрой физики сплошных сред в качестве дисциплины по выбору. Дисциплина изучается студентами первого курса магистратуры физического факультета.

Цель курса – знакомство магистрантов с фундаментальными явлениями и теоретическим основам современной гидродинамики.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих общепрофессиональных компетенций:

ПК-1 – способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.

ПК-2 - способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:** особенности построения математических моделей в гидродинамике, основы гидродинамического эксперимента, особенности течений жидкости со сложной реологией.
- **Уметь:** строить математические модели для жидкостей со сложной реологией, моделировать гидродинамические процессы с помощью численных и экспериментальных подходов.
- **Владеть:** современными методами математического и численного моделирования гидродинамических процессов.

Курс рассчитан на один семестр (2-й). Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, консультации, самостоятельная работа студента, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: решение задач из задания для самостоятельного решения

Промежуточная аттестация: экзамен

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет **72** академических часа / **2** зачетных единицы.

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

Дисциплина «Современная гидродинамика жидкости» имеет своей целью обучение магистрантов теоретическим основам современной гидродинамики. Основной целью освоения дисциплины является знание базовых понятий, результатов и методов гидродинамики, используемых в современном мире. Студенты должны знать особенности построения математических моделей в гидродинамике, знать современные возможности математического и численного моделирования гидродинамических процессов, понимать основы гидродинамического эксперимента, иметь представление об особенностях течений жидкости со сложной реологией.

Цели курса – сформировать у студентов определенную систему знаний, навыков и умений в постановке и решении задач, связанных с использованием специализированных знаний в области физики для освоения профильных физических дисциплин и способность проводить научные экспериментальные исследования в избранной области - в части освоения результатов и методов современной гидродинамики.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося **профессиональных компетенций (ПК):**

ПК-1 -способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта:

ПК 1.1 – знать особенности построения математических моделей в гидродинамике, особенности течений жидкости со сложной реологией;

ПК 1.2 – уметь строить математические модели для жидкостей со сложной реологией;

ПК 1.3 – владеть современными методами математического и численного моделирования гидродинамических процессов.

ПК-2 - способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности:

ПК 2.1 – знать основы гидродинамического эксперимента;

ПК 2.2 – уметь моделировать гидродинамические процессы с помощью численных и экспериментальных подходов;

ПК 2.3 – владеть методами визуализации движения жидкости и измерений ее параметров.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Современная гидродинамика жидкости» является одной из дисциплин по выбору по направлению подготовки 03.04.02 Физика (профиль подготовки «Общая и фундаментальная физика»). Дисциплина «Современная гидродинамика жидкости» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата. Студенты, приступающие к изучению этой дисциплины, должны обладать предварительными знаниями основ общей физики, механики, термодинамики, физики сплошных сред, математического и функционального анализа, дифференциальных уравнений, векторного и тензорного анализа.

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
2	72	32			18	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 36 часов										
Компетенции ПК-1, ПК-2										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа студента, консультации, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль успеваемости: решение задач из задания для самостоятельного решения.

Промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

- занятия лекционного типа – 32 часа;
- самостоятельная работа в течение семестра, не включая период сессии – 18 часов;
- промежуточная аттестация (подготовка к сдаче экзамена, консультации и экзамен) – 22 часа;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, групповые консультации, экзамен) составляет 36 часов.

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

Дисциплина «Современная гидродинамика жидкости» представляет собой полугодовой курс, читаемый в магистратуре физического факультета НГУ во втором семестре.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)					Консультации перед экзаменом (часов)	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежу точной аттестаци и		
				Лек- ции	Практи- ческие заня- тия				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Роль наблюдений, физического эксперимента, аналитических и численных методов в современной гидродинамике.	1	3	2		1			
2	Параметризация реальных и модельных систем с жидкостью.	2	3	2		1			
3	Принципы построения математических моделей в гидродинамике на основе молекулярно-кинетической теории и феноменологического подхода.	3	3	2		1			
4	Иерархия математических моделей.	4	3	2		1			
5	Влияние на картину движения жидкости силы тяжести, плотности, вязкости, молекулярной диффузии, межфазного натяжения.	5	3	2		1			

6	Эффекты плотностной стратификации: внутренние волны, селективный водозабор, гравитационные течения и др.	6	3	2	1			
7	Современные возможности математического и численного моделирования.	7	3	2	1			
8	Детерминированные и случайные процессы в гидродинамике.	8	3	2	1			
9	Молекулярная и турбулентная диффузия.	9	3	2	1			
10	Обзор современного состояния теории гидродинамической устойчивости.	10	3	2	1			
11	Стабилизирующее и дестабилизирующее влияние силы тяжести, плотностной стратификации, вязкости, молекулярной диффузии, межфазного натяжения.	11	3	2	1			
12	Обзор современного состояния теории турбулентности.	12	5	2	3			
13	Идеи методов визуализации движения жидкости и измерений объемного и массового расходов, скорости, давления, поверхностных и внутренних	13	3	2	1			

	волн, температуры, плотности, вязкости, межфазного натяжения.								
14	Обработка экспериментальной информации.	14	3	2		1			
15	Анализ и уменьшение погрешностей.	15	3	2		1			
16	Тестирование математических моделей на частных решениях и на траекториях в пространстве параметров.	16	3	2		1			
17.	Самостоятельная подготовка к экзамену		18				18		
18.	Экзамен		4					2	2
Всего			72	32		18	18	2	2

Программа и основное содержание лекций (32 часа)

1. Роль наблюдений, физического эксперимента, аналитических и численных методов в современной гидродинамике. Классификация задач с точки зрения теории динамических систем. (2 часа)
2. Материальная точка и жидкая частица как фундаментальные динамические системы. Термодинамические системы. Параметризация реальных и модельных систем с жидкостью. (2 часа)
3. Принципы построения математических моделей в гидродинамике на основе молекулярно-кинетической теории и феноменологического подхода. Законы сохранения массы, количества движения и энергии для жидкой частицы и конечного контрольного объема реальной жидкости. (2 часа)
4. Реологические и термодинамические замыкающие соотношения. Иерархия математических моделей. Имитация в них граничных условий и вносимых в систему возмущений. (2 часа)
5. Влияние на картину движения жидкости силы тяжести, плотности, вязкости, молекулярной диффузии, межфазного натяжения. Экспериментальные факты, их отражение в теории и при численных расчетах. (2 часа)
6. Эффекты плотностной стратификации: внутренние волны, селективный водозабор, гравитационные течения и др. Описание, демонстрация фотоснимков, видеофильмов и реальных процессов. (2 часа)
7. Современные возможности математического и численного моделирования. Примеры прикладных проблем экологии, энергетики, метеорологии, сельского хозяйства, судоходства, освоения океана и связанных с ними конкретных задач для научных исследований. (2 часа)
8. Детерминированные и случайные процессы в гидродинамике. Ламинарный и турбулентный режимы движения жидкости. Гладкие и обрушивающиеся волны. (2 часа)
9. Молекулярная и турбулентная диффузия. Устойчивое и неустойчивое движение тел в жидкости. Демонстрация фотоснимков, видеофильмов, реальных процессов. (2 часа)
10. Обзор современного состояния теории гидродинамической устойчивости. Проявление в математических моделях фундаментальных физических запретов. (2 часа)

11. Стабилизирующее и дестабилизирующее влияние силы тяжести, плотностной стратификации, вязкости, молекулярной диффузии, межфазного натяжения. (2 часа)
12. Обзор современного состояния теории турбулентности. Проблемы турбулентности в свете фундаментальных законов и принципов физики. Демонстрация техники экспериментальных исследований в турбулентном потоке. (2 часа)
13. Идеи методов визуализации движения жидкости и измерений объемного и массового расходов, скорости, давления, поверхностных и внутренних волн, температуры, плотности, вязкости, межфазного натяжения. Демонстрация некоторых методов. (2 часа)
14. Основные этапы и типичные цели физического эксперимента. Параметризация задач. Применение теории размерностей и подобия. Использование результатов аналитических и численных исследований. Формулировка и проверка гипотез. (2 часа)
15. Универсальные и специальные экспериментальные установки: аэродинамические трубы, волновые бассейны, гидравлические лотки, напорные системы. Их оснащение универсальной и специальной контрольно-измерительной техникой. (2 часа)
16. Обработка экспериментальной информации. Анализ и уменьшение погрешностей. Выделение полезных сигналов на фоне помех. Сглаживание и аппроксимация. Тестирование математических моделей на частных решениях и на траекториях в пространстве параметров. (2 часа)

Самостоятельная работа студентов (18 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к экзамену	18
Самостоятельная работа с дополнительной литературой и материалом лекций	18

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. — 7-е изд., испр. — М.: Дрофа, 2003. — 840 с, 311 ил., 22 табл.
2. Овсянников Л.В. Введение в механику сплошных сред. Учебное пособие для студентов НГУ. Новосибирск: Новосибирский гос. унив. Часть 1, 1976. Часть 2, 1977.

5.2. Дополнительная литература

3. Хинце И.О. Турбулентность. Ее механизм и теория. М.: Физматгиз, 1963.

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

Не используются

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 используются аудитории, оборудованные всем необходимым для чтения лекций (доска, экран, компьютер, мультимедийный проектор), в том числе 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 используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации, в том числе аудиторный фонд ИГиЛ СО РАН, являющегося базовым институтом для кафедры физики сплошных сред.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

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

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ, а также для обучающихся организован доступ к библиотечному фонду ИГиЛ СО РАН.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются следующие наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий:

- комплект лекций-презентаций по темам дисциплины.

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 проведения выборочных опросов. Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в виде экзамена.

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.

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 компетенций ПК-1 и ПК-2.

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.

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Современная гидродинамика жидкости».

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1 ПК 2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. 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 ПК 2.2	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 ПК 2.3	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.
-----------------------------------	------------------	--	--	--	---

Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Список вопросов, выносимых на экзамен

На проверку сформированности компетенции ПК-1:

1. Классификация задач с точки зрения теории динамических систем.
2. Материальная точка и жидкая частица как фундаментальные динамические системы.
3. Принципы построения математических моделей в гидродинамике на основе молекулярно-кинетической теории и феноменологического подхода.
4. Законы сохранения массы, количества движения и энергии для жидкой частицы и конечного контрольного объема реальной жидкости.
5. Иерархия математических моделей. Имитация в них граничных условий и вносимых в систему возмущений.
6. Детерминированные и случайные процессы в гидродинамике.
7. Ламинарный и турбулентный режимы движения жидкости.
8. Молекулярная и турбулентная диффузия.
9. Проблемы турбулентности в свете фундаментальных законов и принципов физики.

На проверку сформированности компетенции ПК-2:

1. Термодинамические системы. Параметризация реальных и модельных систем с жидкостью.
2. Влияние на картину движения жидкости силы тяжести, плотности, вязкости, молекулярной диффузии, межфазного натяжения.
3. Эффекты плотностной стратификации: внутренние волны
4. Эффекты плотностной стратификации: селективный водозабор.
5. Эффекты плотностной стратификации: гравитационные течения.
6. Основные этапы и типичные цели физического эксперимента.
7. Гладкие и обрушивающиеся волны.
8. Параметризация задач. Применение теории размерностей и подобия.
9. Реологические и термодинамические замыкающие соотношения.

Пример экзаменационного билета

1. Принципы построения математических моделей в гидродинамике на основе молекулярно-кинетической теории и феноменологического подхода.
2. Эффекты плотностной стратификации: гравитационные течения.

Форма экзаменационного билета представлена на рисунке

<p>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</p> <p>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)</p> <p>Физический факультет</p>
<p>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № _____</p> <p>1.</p> <p>2.</p> <p>Составитель _____ /Ф.И.О. преподавателя/ (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 фонда оценочных средств
по дисциплине «Современная гидродинамика жидкости»
по направлению подготовки 03.04.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

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