

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

Механика сплошных сред
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
03.03.03 Радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Фундаментальная радиофизика

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть	Дисциплина <i>Б1.О.25, механика сплошных сред</i> относится к обязательной части ООП направления подготовки <i>03.03.03 Радиофизика</i> .

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности;	ОПК-1.1. Обладает фундаментальными знаниями в области физики и радиофизики.	<i>Знать</i> основы механики сплошных сред.	<i>Собеседование, задача</i>
	ОПК-1.2. Анализирует физические аспекты теории и возможности ее использования для решения научно-исследовательских задач.	<i>Уметь</i> использовать основные уравнения гидродинамики идеальной или вязкой несжимаемой жидкости для решения конкретных задач.	
	ОПК-1.3. Решает научно-исследовательские задачи, в том числе в сфере педагогической деятельности.	<i>Владеть</i> методами решения гидродинамических задач.	
ОПК-2. Способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования	ОПК-2.1 Использует методы радиофизических измерений и методы обработки результатов.	<i>Знать</i> возможности современных образовательных и информационных технологий для приобретения знаний	<i>Собеседование, задача</i>
	ОПК-2.2 Формулирует		

объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные;	задачи экспериментального и теоретического исследования в области радиофизики, использует радиофизическое измерительное оборудование и применяет теоретические методы.	в области механики сплошных сред	
	ОПК-3.3 Применяет практические навыки радиофизических исследований и представления результатов.		

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа	32
(практические занятия / лабораторные работы)	
самостоятельная работа	33
КСР	2
Промежуточная аттестация – экзамен	45

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Тема 1 Структура и задачи курса МСС	2	2			2	
Тема 2 Основные законы гидродинамики идеальной жидкости	50	16	20		36	14
Тема 3 Движение вязкой несжимаемой жидкости	31	6	12		18	13
Тема 4 Элементы теории турбулентности	4	2			2	2
Тема 5 Движение сжимаемой жидкости (газа)	6	4			4	2
Тема 6 Обзор современных направлений в механике сплошных сред	4	2			2	2
В т. ч. текущий контроль	2		2		2	
Промежуточная аттестация – экзамен 45						

Текущий контроль успеваемости проходит в рамках проведения контрольных работ и групповых консультаций. Итоговый контроль осуществляется на экзамене.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов направлена на самостоятельное изучение отдельных тем рабочей программы и решение домашних заданий по практике. *Цель самостоятельной работы* - подготовка современного компетентного специалиста и формирование способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Особое место отводится самостоятельной практической проработке студентами отдельных разделов и тем по изучаемой дисциплине, таких как гравитационные и гравитационно-капиллярные волны, движение точечных вихрей в идеальной, введение в теорию турбулентности. Такой подход вырабатывает у студентов инициативу, стремление к

увеличению объема знаний, выработке умений и навыков всестороннего овладения способами и приемами механики сплошных сред.

Изучение рекомендованной литературы следует начинать с учебников и учебных пособий, затем переходить научным изданиям – монографиям и статьям в научных журналах, в том числе и электронных. Конспектирование – одна из основных форм самостоятельного труда, требующая от студента активно работать с учебной литературой и не ограничиваться конспектом лекций.

Контроль выступает формой обратной связи и предусматривает оценку успеваемости студентов. Итоговой формой контроля успеваемости студентов по учебной дисциплине «Механика сплошных сред» является экзамен. Бесспорным фактором успешной сдачи экзамена является кропотливая, систематическая работа студента в течение всего периода изучения дисциплины (семестра). В этом случае подготовка к экзамену будет являться концентрированной систематизацией всех полученных знаний по данной дисциплине.

После изучения соответствующей тематики рекомендуется проверить наличие и формулировки вопроса по этой теме в перечне вопросов к экзамену, а также попытаться изложить ответ на этот вопрос. Если возникают сложности при раскрытии материала, следует вновь обратиться к лекционному материалу, материалам практических занятий и самостоятельной работы, а также проконсультироваться с преподавателем.

Ресурсы Интернет являются одним из альтернативных источников быстрого поиска требуемой информации. Их использование возможно для получения основных и дополнительных сведений по изучаемым материалам.

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе экзамена по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

Список контрольных вопросов для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

Самостоятельная работа студентов направлена на самостоятельное изучение отдельных тем рабочей программы и решение домашних заданий по практике. *Цель самостоятельной работы* - подготовка современного компетентного специалиста и формирование способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Особое место отводится самостоятельной практической проработке студентами отдельных разделов и тем по изучаемой дисциплине, таких как гравитационные и гравитационно-капиллярные волны, движение точечных вихрей в идеальной, введение в теорию турбулентности. Такой подход вырабатывает у студентов инициативу, стремление к увеличению объема знаний, выработке умений и навыков всестороннего овладения способами и приемами механики сплошных сред.

Изучение рекомендованной литературы следует начинать с учебников и учебных пособий, затем переходить научным изданиям – монографиям и статьям в научных журналах, в том числе и электронных. Конспектирование – одна из основных форм

самостоятельного труда, требующая от студента активно работать с учебной литературой и не ограничиваться конспектом лекций.

Контроль выступает формой обратной связи и предусматривает оценку успеваемости студентов. Итоговой формой контроля успеваемости студентов по учебной дисциплине «Механика сплошных сред» является экзамен. Бесспорным фактором успешной сдачи экзамена является кропотливая, систематическая работа студента в течение всего периода изучения дисциплины (семестра). В этом случае подготовка к экзамену будет являться концентрированной систематизацией всех полученных знаний по данной дисциплине.

После изучения соответствующей тематики рекомендуется проверить наличие и формулировки вопроса по этой теме в перечне вопросов к экзамену, а также попытаться изложить ответ на этот вопрос. Если возникают сложности при раскрытии материала, следует вновь обратиться к лекционному материалу, материалам практических занятий и самостоятельной работы, а также проконсультироваться с преподавателем.

Ресурсы Интернет являются одним из альтернативных источников быстрого поиска требуемой информации. Их использование возможно для получения основных и дополнительных сведений по изучаемым материалам.

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе экзамена по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

Список контрольных вопросов для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Уравнение неразрывности для сжимаемой и несжимаемой жидкости.
2. Уравнение движения идеальной жидкости (уравнение Эйлера).
3. Закон сохранения энергии. Поток энергии.
4. Закон сохранения импульса. Тензор плотности потока импульса.
5. Уравнение гидростатики.
6. Теорема Бернулли для стационарного и нестационарного случая.
7. Теорема Бернулли для сжимаемой и несжимаемой жидкости.
8. Парадокс Даламбера-Эйлера.
9. Потенциальное движение идеальной несжимаемой жидкости. Функция потенциала скорости.
10. Сила сопротивления при неравномерном движении. Понятие присоединенной массы.
11. Функция тока и комплексный потенциал.
12. Примеры плоских потенциальных течений.
13. Формула Жуковского для подъемной силы.
14. Теорема Томсона о циркуляции.
15. Теоремы Гельмгольца о вихрях.
16. Элементарные вихревые движения и их взаимодействия.
17. Уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости (уравнение Навье-Стокса).
18. Тензор вязких напряжений.
19. Граничные условия на поверхности тела, обтекаемого потоком идеальной или вязкой жидкости.

20. Течения Куэтта и Пуазейля с плоской и круговой симметрией.
21. Вязкие волны. Понятие скин-слоя.
22. Числа Рейнольдса, Фруда, Струхала и их физический смысл.
23. Движение тел в вязкой среде при малых числах Рейнольдса. Формула Стокса
24. Основные уравнения гидродинамики сжимаемой жидкости в линейном приближении.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),

включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
Знания <i>Знать</i> основы механики сплошных сред.	отсутствие знаний материала	наличие грубых ошибок в основном материале	знание основного материала с рядом негрубых ошибок	знание основного материала с рядом заметных погрешностей	знание основного материала с незначительными погрешностями	знание основного материала без ошибок и погрешностей	знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей
Умения <i>Уметь</i> использовать основные уравнения гидродинамики идеально или вязкой несжимаемой жидкости для решения конкретных задач.	Полное отсутствие умения использовать основные уравнения движения жидкости для решения задач механики сплошных сред	Отсутствие умения использовать основные уравнения движения жидкости для решения задач механики сплошных сред	Умение использовать основные уравнения движения жидкости для решения задач механики сплошных сред с небольшими ошибками	Умение использовать основные уравнения движения жидкости для решения задач механики сплошных сред при наличии незначительных ошибок	Умение использовать основные уравнения движения жидкости для решения задач механики сплошных сред	Умение использовать основные уравнения движения жидкости, а также другие теоретические знания для решения задач механики сплошных сред	Умение использовать основные уравнения движения жидкости, а также другие теоретические знания для решения нестандартных задач механики

							и сплошн ых сред
<u>Навыки</u> <i>Владеть</i> методами решения гидродинамических задач.	Полное отсутстви е навыков решения гидродинамических задач.	Отсутст вие навыков решения гидродинамических задач.	Наличие минималь ных навыков решения гидродинамических задач.	Посредст венное владение навыкам решения гидродинамических задач.	Хороше е владени е навыкам решения гидродинамических задач.	Отлично е владени е навыкам решения гидродинамических задач.	Всестор оннее владени е навыка ми решени я гидродинамических задач.
Шкала оценок по проценту правильн о выполнен ных контроль ных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
Превосходно	<p>Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, студент демонстрирует творческий подход к решению нестандартных задач. Студент безупречно решил задачу, либо был освобожден от решения задач по итогам активной работы на практических занятиях и отличных успехах в решении контрольных работ, а также дал полный и развернутый ответ на теоретический вопрос билета и правильно ответил на дополнительные вопросы.</p> <p>100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий</p>
Отлично	<p>Высокий уровень подготовки Студент безупречно решил задачу, либо был освобожден от решения задач по итогам активной работы на практических занятиях и отличных успехах в решении контрольных работ, а также дал полный и развернутый ответ на теоретический вопрос билета.</p> <p>Студент активно работал на практических занятиях.</p>

	Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше
Очень хорошо	<p>Хорошая подготовка. Студент решил задачу, дал полный и развернутый ответ на теоретический вопрос билета, но имеются неточности или шероховатости в ответах.</p> <p>Студент активно работал на практических занятиях.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.</p>
Хорошо	<p>В целом хорошая подготовка с небольшими ошибками или недочетами. Студент решил задачу, дал ответ на теоретический вопрос билета, но имеются неточности или шероховатости в ответах. Допускаются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент работал на практических занятиях.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.</p>
Удовлетворительно	<p>Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний. Студент решил задачу, дал неполный ответ на теоретический вопрос билета, затруднялся с ответом на дополнительные вопросы. Студент посещал практические занятия.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.</p>
Неудовлетворительно	<p>Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент не решил задачу или испытывал значительные трудности при ее решении. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Студент пропустил большую часть практических занятий.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.</p>
Плохо	<p>Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы, не умеет решать задачи. Студент отсутствовал на большинстве лекций и практических занятий.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.</p>

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1 Контрольные вопросы

вопросы	Код формируемой компетенции
1. Понятие "сплошности" среды. Эйлеров и Лагранжев способ описания движения жидкости. Понятие субстанциональной и локальной производной	ОПК-1
2. Уравнение неразрывности для сжимаемой и несжимаемой жидкости.	ОПК-1
3. Уравнение движения идеальной жидкости (уравнение Эйлера). Его представление в векторной форме и в проекциях в декартовой системе координат.	ОПК-1
4. Закон сохранения энергии. Поток энергии.	ОПК-1
5. Закон сохранения импульса. Тензор плотности потока импульса и его представление в декартовой системе координат.	ОПК-1
6. Уравнение гидростатики. Условие гидродинамического равновесия. Частота Брента-Вайселя.	ОПК-1
7. Теорема Бернулли для стационарного и нестационарного случая.	ОПК-1
8. Потенциальные и вихревые движения жидкости.	ОПК-1
9. Потенциальное обтекание шара.	ОПК-1
10. Парадокс Даламбера-Эйлера.	ОПК-1
11. Сила сопротивления при неравномерном движении. Понятие присоединенной массы. Присоединенная масса сферы и единицы длины бесконечного кругового цилиндра.	ОПК-1
12. Функция тока и комплексный потенциал. Примеры плоских потенциальных течений.	ОПК-1
13. Потенциальное обтекание кругового бесконечного цилиндра циркуляцией. Формула Жуковского для подъемной силы.	ОПК-1
14. Стационарные вихревые движения жидкости идеальной несжимаемой жидкости. Примеры.	ОПК-2
15. Теорема Томсона о циркуляции. Теоремы Гельмгольца о вихрях.	ОПК-2
16. Элементарные вихревые движения и их взаимодействия.	ОПК-2
17. Поверхностные гравитационные волны (длинные, короткие гравитационно-капиллярные) и их основные свойства (траектории движения частиц, дисперсионные уравнения, фазовые и групповые скорости).	ОПК-2
18. Уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости (уравнение Навье-Стокса). Его представление в векторной форме и в проекциях в декартовой системе координат.	ОПК-2
19. Тензор вязких напряжений. Его физический смысл и представление в декартовой системе координат.	ОПК-2
20. Граничные условия на поверхности тела, обтекаемого потоком идеальной или вязкой жидкости.	ОПК-2
21. Течения Куэтта и Пуазейля с плоской и круговой симметрией. Формулы Пуазейля для расхода жидкости.	ОПК-2
22. Колебательные движения вязкой несжимаемой жидкости. Вязкие волны. Понятие скин-слоя.	ОПК-2
23. Принцип подобия и его использование в гидродинамических задачах. Числа Рейнольдса, Фруда, Струхала и их физический смысл.	ОПК-2

24. Движение тел в вязкой среде при малых числах Рейнольдса. Формулы Стокса.	ОПК-2
25. Пограничный слой. Обтекание полубесконечной пластины. Уравнение Прандтля.	ОПК-2
26. Неустойчивость сдвигового течения. Турбулентность.	ОПК-2
27. Основные уравнения гидродинамики сжимаемой жидкости в линейном приближении. Звуковые волны. Волновое уравнение. Связь между скоростью, давлением и плотностью в плоской акустической волне.	ОПК-2

5.2.2. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Слой вязкой несжимаемой жидкости толщины H соприкасается с неограниченной плоской поверхностью, совершающей в своей плоскости гармонические колебания с амплитудой V_0 и частотой ω . Найти скорость движения жидкости $\vec{V}(\vec{r}, t)$ и силу вязкого трения, действующую на единицу площади колеблющейся плоскости, если другая поверхность слоя жидкости соприкасается с неподвижной стенкой. Плотность жидкости ρ , коэффициент вязкости η .

5.2.3. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ОПК-2

2. Провести анализ течения, которое имеет комплексный потенциал $F(z) = \frac{Q - i\Gamma}{2\pi} \ln(z)$.
Найти компоненты скорости, построить линии тока и линии равного потенциала. Рассмотреть случаи $(Q > 0, \Gamma = 0)$, $(Q = 0, \Gamma > 0)$ и $(Q > 0, \Gamma > 0)$. Какой физический смысл имеют величины Q и Γ ?

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика, т. 6. Гидродинамика. М.: Физматлит, 2015 – 728 с. - <http://znanium.com/catalog/document?id=369178>
2. Гурбатов С.Н., Грязнова И.Ю., Демин И.Ю., Курин В.В., Прончатов-Рубцов Н.В. Сборник задач по механике сплошных сред: гидромеханика и акустика (учебное пособие) Изд-во ННГУ, Н.Новгород, 2006. - 92 с. - <http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/2010/46.pdf>

б) дополнительная литература:

1. Акустика в задачах. Учеб. рук-во. / Под ред. С.Н. Гурбатова и О.В. Руденко. М.: Наука, 1996. - 336 с. – 43 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Гурбатов С.Н., Грязнова И.Ю., Демин И.Ю., Курин В.В., Прончатов-Рубцов Н.В. Электронный задачник «Основы механики сплошных сред: гидромеханика и акустика» / Фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ, 2012. – 95 с. http://www.unn.ru/books/met_files/Zadachnic_MSS.doc
2. Грязнова И.Ю., Мартыанов А.И. "Экспериментальные исследования закономерностей обтекания цилиндра и крыла воздушным потоком на аэростенде ТМЖ-1М". Электронное

учебно-методическое пособие. / Фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ, 2012. – 60 с. <http://www.unn.ru/books/resources.html>

3. Курин В.В., Грязнова И.Ю., Клемина А.В., Мартыанов А.И. УМК "Основы механики сплошных сред"/ Фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ, 2011. – 88 с. <http://www.unn.ru/books/resources.html>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 7 августа 2020 г. N 912.

Авторы Гурбатов С.Н., Грязнова И.Ю.

Рецензент Прончатов-Рубцов Н.В.

Заведующий кафедрой акустики Гурбатов С.Н.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета/института

от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.