

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

---

УТВЕРЖДЕНО  
президиумом  
Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«14» декабря 2021 г. № 4

Рабочая программа дисциплины

«Механика сплошных сред»

---

бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность  
03.03.03 «Радиофизика»

---

Направленность образовательной программы  
Радиофизика и электроника  
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

---

Квалификация (степень)  
бакалавр

---

Форма обучения  
очная

---

Нижний Новгород

2022 год

## 1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Механика сплошных сред» относится к базовой части ОПОП по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика» на радиофизическом факультете ННГУ. Дисциплина обязательна для освоения в 6 семестре 3 курса.

### Целями освоения дисциплины являются:

- ознакомление студентов с основными физическими явлениями, изучаемыми механикой сплошных сред, и, до известной степени, с элементами используемого ею математического аппарата,
- изучение законов движения жидкостей и газов в приближении идеальной жидкости,
- изучение основ гидродинамики вязкой несжимаемой жидкости,
- ознакомление с законами движения сжимаемой жидкости и уравнениями линейной акустики,
- формирование профессионального подхода к решению практических задач механики сплошных сред при использовании максимально простых средств их решения.

**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)**

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<i>ОПК-1:</i>  способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности  этап освоения - базовый	<i>З1 (ОПК-1): Знать</i> основы механики сплошных сред. <i>У1 (ОПК-1): Уметь</i> использовать основные уравнения гидродинамики идеальной или вязкой несжимаемой жидкости для решения конкретных задач. <i>В1 (ОПК-1): Владеть</i> методами решения гидродинамических задач.
<i>ОПК-2:</i>  способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии	<i>З1 (ОПК-2): Знать</i> возможности современных образовательных и информационных технологий для приобретения знаний в области механики сплошных сред

этап освоения - базовый	
-------------------------	--

Окончательное завершение формирования компетенций, предусмотренных в рамках данной дисциплины, происходит при прохождении лабораторного практикума по радиофизике.

## 2. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины (модуля) составляет 4 зачетных единиц, всего 144 часа, из которых 66 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятий лекционного типа, 32 часа практических занятий, 2 часа - мероприятия промежуточной аттестации), 78 часов составляет самостоятельная работа обучающегося, из них 45 часов отводится на подготовку к экзамену.

### Содержание дисциплины (модуля)

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		Консультации		Всего		
	Очная	Заочная	Очная	Заочная	Очная	Заочная	Очная	Заочная	Очная	Заочная	Очная	Заочная	
Тема 1 Структура и задачи курса МСС	2		2		0						2		0
Тема 2 Основные законы гидродинамики идеальной жидкости	56		16		20						36		20
Тема 3 Движение вязкой несжимаемой жидкости	36		6		12						18		18
Тема 4 Элементы теории турбулентности	4		2		0						2		2
Тема 5 Движение сжимаемой жидкости (газа)	6		4		0						4		2
Тема 6 Обзор современных направлений в	4		2		0						2		2

механике сплошных сред													
В т.ч.текущий контроль	2				2						2		
Промежуточная аттестация - Экзамен													

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

### 3. Образовательные технологии

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Учебный процесс в аудитории осуществляется в форме лекционных занятий с возможностью применения технологий интерактивного обучения, а также практических занятий, нацеленных на выработку у студентов навыков решения задач механики сплошных сред.

Образовательные технологии, способствующие формированию компетенций **используемые на занятиях лекционного типа:**

- лекции-беседы с возможностью использования мультимедийных средств поддержки образовательного процесса;
- лекции с проблемным изложением учебного материала.

**используемые на занятиях практического типа:**

- регламентированная самостоятельная деятельность студентов;
- частично-поисковая деятельность при выполнении методических разработок частей занятия;
- решение проблемных ситуаций для реализации технологии коллективной мыслительной деятельности.

На лекциях раскрываются следующие основные темы изучаемого курса, которые входят в рабочую программу: цель, содержание, объект и предмет изучения, задачи механики сплошных сред; принципы и понятия о сплошной среде, классификация задач, рассматриваемых в курсе, уравнение состояния, Эйлеров и Лагранжев способы задания движения жидкости, система основных уравнений гидродинамики идеальной жидкости (газа): уравнение непрерывности, уравнение Эйлера, полнота системы уравнений, энергия и импульс жидкости, уравнение гидростатики, условия гидростатического равновесия, частота Брента-Вейсяля, барометрическая формула, теорема Бернулли и закон сохранения энергии, потенциальное и вихревое движение жидкости, циркуляция скорости, теорема Томсона и теоремы Гельмгольца, потенциальное течение жидкости, система уравнений гидродинамики для потенциального движения несжимаемой жидкости, уравнение Лапласа, обтекание шара потенциальным потоком, понятие присоединенной массы, парадокс Даламбера-Эйлера, сила сопротивления при потенциальном обтекании, двумерные потенциальные течения, функция тока и комплексный потенциал, стационарное обтекание кругового цилиндра, вихри в идеальной жидкости, плоское сдвиговое течение, точечные вихри, присоединенный вихрь и подъемная сила, формула Жуковского, волны в несжимаемой жидкости, поверхностные гравитационные волны: волны на глубокой воде ("короткие"), волны на мелкой воде ("длинные"), гравитационно-капиллярные волны, уравнения гидродинамики вязкой

несжимаемой жидкости, уравнение Навье-Стокса, коэффициент вязкости и вязкие напряжения, вязкие силы, примеры простейших течений вязкой жидкости: течения Куэтта и Пуазейля с плоской и круговой симметрией, принцип подобия и число Рейнольдса, обтекание сферы медленным течением вязкой жидкости, формула Стокса, пограничный слой, уравнения Прандтля, ламинарный след, вязкие волны, устойчивость стационарного движения жидкости, примеры неустойчивых течений: неустойчивость тангенциального разрыва, переход ламинарного течения в турбулентное, развитая турбулентность, закон Колмогорова-Обухова, турбулентный след, турбулентный пограничный слой, основные уравнения гидродинамики сжимаемой жидкости, звуковые волны, энергия и импульс звуковых волн.

На практических занятиях более подробно изучается программный материал с целью отработки практических умений и навыков и усвоения следующих тем: уравнение непрерывности, уравнение Эйлера, уравнение состояния для изучения движения идеальной жидкости, решение задач с использованием уравнения гидростатики, теоремы Бернулли, закона сохранения импульса, изучение потенциального движения жидкости, обтекание шара потенциальным потоком, равномерное движение шара в идеальной жидкости, парадокс Даламбера-Эйлера, сила сопротивления при потенциальном обтекании, понятие присоединенной массы, расчет присоединенной массы для тел простой формы, плоские потенциальные течения, функция тока и комплексный потенциал, уравнения гидродинамики вязкой несжимаемой жидкости, уравнение Навье-Стокса, коэффициент вязкости, вязкие силы, течения Куэтта и Пуазейля с плоской и круговой симметрией, вязкие волны.

Формой итогового контроля знаний студентов по дисциплине является экзамен, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний и навыки решения практических задач.

Основной акцент воспитательной работы делается на добросовестном, профессиональном выполнении всех учебных заданий

Для закрепления пройденного материала для студентов, обучающихся по направлению Радиофизика, на 4 курсе предусмотрен лабораторный практикум, включающий следующие лабораторные работы по механике сплошных сред:

№п/п	Наименование лабораторных работ
1	Исследование поперечных колебаний пластин.
2	Колебания механических систем с распределенными параметрами: продольные колебания стержней.
3	Исследование акустического поля в однородной среде с плоской границей
4	Принцип взаимности и его применение в акустических измерениях

#### **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 к научным изданиям – монографиям и статьям в научных журналах, в том числе и электронным. 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:

- 6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

*ОПК-1:* способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
<u>Знания</u> <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 и погрешностями	знание основного материала без ошибок и погрешностей	знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей
<u>Умения</u> <i>Уметь</i> использовать основные уравнения	Полное отсутствие умения использовать основные	Отсутствие умения использовать основные	Умение использовать основные уравнения	Умение использовать основные уравнения	Умение использовать основные уравнения	Умение использовать основные уравнения	Умение использовать основные уравнения

я гидродин амики идеально й или вязкой несжимае мой жидкости для решения конкретн ых задач.	уравнени я движения жидкости для решения задач механики сплошны х сред	е уравнен ия движени я жидкост и для решения задач механик и сплошн ых сред	движения жидкости для решения задач механики сплошны х сред с небольш ими ошибками	движения жидкости для решения задач механики сплошны х сред при наличии незначите льных ошибок	ия движени я жидкост и для решения задач механик и сплошн ых сред	ия движени я жидкост и, а также другие теоретич еские знания для решения задач механик и сплошн ых сред	ия движен ия жидкост и, а также другие теорети ческие знания для решения нестанд артных задач механик и сплошн ых сред
<u>Навыки</u> Владеть методами решения гидродин амически х задач.	Полное отсутстви е навыков решения гидродин амически х задач.	Отсутст вие навыков решения гидроди намичес ких задач.	Наличие минимал ных навыков решения гидродин амически х задач.	Посредст венное владение навыкам решения гидродин амически х задач.	Хороше е владени е навыкам решения гидроди намичес ких задач.	Отлично е владени е навыкам решения гидроди намичес ких задач.	Всестор оннее владени е навыкам и решения гидроди намичес ких 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%

*ОПК-2:* способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии

Индикато ры компетен ции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудов летворит ельно»	«удовлетв орительно »	«хорошо»	«очень хорошо»	«отличн о»	«превос ходно»
<u>Знания</u> <i>Знать</i>	отсутстви е знаний	наличие грубых	знание основного	знание основного	знание основно	знание основно	знание основно



возможно сти современ ных образоват ельных и информа ционных технолог ий для приобрет ения знаний в области механики сплошны х сред.	материала	ошибок в основно м материа ле	материала с рядом негрубых ошибок	материала с рядом заметных погрешно стей	го материа ла с незначи тельным и погрешн остями	го материа ла без ошибок и погрешн остей	го и дополни тельного о материа ла без ошибок и погрешн остей
Шкала оценок по проценту правильн о выполнен ных контроль ных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

## 6.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде экзамена, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен проводится в устной форме. Устная часть экзамена заключается в ответе студентом на вопросы допуска, где выявляются знания необходимого теоретического минимума. При условии успешной сдачи программы-минимум студент приступает к практической части экзамена. Ему предстоит решить одну задачу (согласно выбранному им случайным образом билету) из числа решенных в ходе практических занятий в семестре. На подготовку решения задачи отводится не менее 20 минут. При условии успешного завершения практической части экзамена, студент приступает к подготовке

теоретического вопроса (с использованием любых источников информации, в том числе с применением современных информационно-коммуникационных технологий) с последующим ответом преподавателю и при необходимости дальнейшим собеседованием в рамках тематики курса.

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> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше</p>
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</p>

	80%.
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. 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>

### 6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих сформированность компетенций

*Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:*

*- письменные и устные ответы на вопросы.*

*Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:*

*- практические контрольные задания, включающие несколько задач.*

**Для проведения итогового контроля сформированности компетенции используются:**

*- устное собеседование по программе допуска, решение практических задач, ответ на теоретические вопросы.*

### 6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины даны в пункте 5 настоящей рабочей программы дисциплины.

Для оценки сформированности компетенций ОПК-1, ОПК-2 служат следующие задания.

### **Список теоретических вопросов:**

1. Понятие "сплошности" среды. Эйлеров и Лагранжев способ описания движения жидкости. Понятие субстанциальной и локальной производной.
2. Уравнение неразрывности для сжимаемой и несжимаемой жидкости.
3. Уравнение движения идеальной жидкости (уравнение Эйлера). Его представление в векторной форме и в проекциях в декартовой системе координат.
4. Закон сохранения энергии. Поток энергии.
5. Закон сохранения импульса. Тензор плотности потока импульса и его представление в декартовой системе координат.
6. Уравнение гидростатики. Условие гидродинамического равновесия. Частота Брента-Вейселя.
7. Теорема Бернулли для стационарного и нестационарного случая.
8. Потенциальные и вихревые движения жидкости.
9. Потенциальное обтекание шара.
10. Парадокс Даламбера-Эйлера.
11. Сила сопротивления при неравномерном движении. Понятие присоединенной массы. Присоединенная масса сферы и единицы длины бесконечного кругового цилиндра.
12. Функция тока и комплексный потенциал. Примеры плоских потенциальных течений.
13. Потенциальное обтекание кругового бесконечного цилиндра с циркуляцией. Формула Жуковского для подъемной силы.
14. Стационарные вихревые движения жидкости идеальной несжимаемой жидкости. Примеры.
15. Теорема Томсона о циркуляции. Теоремы Гельмгольца о вихрях.
16. Элементарные вихревые движения и их взаимодействия.
17. Поверхностные гравитационные волны (длинные, короткие, гравитационно-капиллярные) и их основные свойства (траектории движения частиц, дисперсионные уравнения, фазовые и групповые скорости).

18. Уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости (уравнение Навье-Стокса). Его представление в векторной форме и в проекциях в декартовой системе координат.
19. Тензор вязких напряжений. Его физический смысл и представление в декартовой системе координат.
20. Граничные условия на поверхности тела, обтекаемого потоком идеальной или вязкой жидкости.
21. Течения Куэтта и Пуазейля с плоской и круговой симметрией. Формула Пуазейля для расхода жидкости.
22. Колебательные движения вязкой несжимаемой жидкости. Вязкие волны. Понятие скин-слоя.
23. Принцип подобия и его использование в гидродинамических задачах. Числа Рейнольдса, Фруда, Струхала и их физический смысл.
24. Движение тел в вязкой среде при малых числах Рейнольдса. Формула Стокса.
25. Пограничный слой. Обтекание полубесконечной пластины. Уравнение Прандтля.
26. Неустойчивость сдвигового течения. Турбулентность.
27. Основные уравнения гидродинамики сжимаемой жидкости в линейном приближении. Звуковые волны. Волновое уравнение. Связь между скоростью, давлением и плотностью в плоской акустической волне.

### Типовые задачи к экзамену по курсу «Механика сплошных сред» (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  $\omega$ . 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  $\rho$ , коэффициент вязкости  $\eta$ .
2. Найти распределение давления внутри земного шара  $P(\vec{r})$ , считая его состоящим из однородной несжимаемой жидкости плотности  $\rho$  и пренебрегая вращением Земли. Радиус Земли  $R$ , ускорение свободного падения на поверхности  $\vec{g}_0$ , атмосферное давление  $P_0$ , гравитационная постоянная  $\gamma$ .
3. 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  $\Gamma$ ?

### **6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.**

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

### **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

а) основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика, т. 6. Гидродинамика. М: Физматлит, 2001 – 736 с.
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.

б) дополнительная литература:

1. Акустика в задачах. Учеб. рук-во. / Под ред. С.Н.Гурбатова и О.В.Руденко. М.: Наука, 2009. - 336 с.

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](http://www.unn.ru/books/met_files/Zadachnic_MSS.doc)
2. Грязнова И.Ю., Мартыянов 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., Мартыянов А.И. УМК "Основы механики сплошных сред"/ Фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ, 2011. – 88 с. <http://www.unn.ru/books/resources.html>

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Для обучения студентов названной дисциплине имеются в наличии: специальные кабинеты, оборудованные мультимедийными средствами обучения; компьютерные классы, где имеется возможность выхода в Интернет; присутствует полный комплект лицензионного обеспечения, необходимый для работы компьютерных программ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВО по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика».

Авторы \_\_\_\_\_ д.ф.-м.н., профессор Гурбатов С.Н.,

\_\_\_\_\_ к.ф.-м.н., доцент Грязнова И.Ю.

Рецензент \_\_\_\_\_ к.ф.-м.н., доцент Болховская О.В.

Заведующий кафедрой акустики \_\_\_\_\_ Гурбатов С.Н.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «09» декабря 2021 года, протокол № 07/21.