

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

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Механика сплошных сред

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

03.03.03 - Радиофизика

---

Направленность образовательной программы

Радиофизика и электроника

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.25 Механика сплошных сред относится к обязательной части образовательной программы.

## 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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
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 ОПК-1.2: Анализирует физические аспекты теории и возможности ее использования для решения научно-исследовательских задач ОПК-1.3: Решает научно-исследовательские задачи, в том числе в сфере педагогической деятельности	ОПК-1.1: Знать основы механики сплошных сред.  ОПК-1.2: Уметь использовать основные уравнения гидродинамики идеальной или вязкой несжимаемой жидкости для решения конкретных задач.  ОПК-1.3: Уметь использовать основные уравнения гидродинамики идеальной или вязкой несжимаемой жидкости для решения конкретных задач.	Задачи	Экзамен: Задачи Контрольные вопросы
ОПК-2: Способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные;	ОПК-2.1: Использует методы радиофизических измерений и методы обработки результатов ОПК-2.2: Формулирует задачи экспериментального и теоретического исследования в области радиофизики, использует радиофизическое измерительное оборудование и применяет теоретические методы ОПК-2.3: Применяет практические навыки радиофизических исследований и	ОПК-2.1: Знать возможности современных образовательных и информационных технологий для приобретения знаний в области механики сплошных сред  ОПК-2.2: Знать возможности современных образовательных и информационных технологий для приобретения знаний в области механики сплошных сред	Задачи	Экзамен: Задачи Контрольные вопросы

	представления результатов	ОПК-2.3: Знать возможности современных образовательных и информационных технологий для приобретения знаний в области механики сплошных сред		
--	---------------------------	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>4</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
<b>самостоятельная работа</b>	<b>33</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>45</b> <b>Экзамен</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	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 (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
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
Аттестация	45				

КСР	2			2	
Итого	144	32	32	66	33

### Содержание разделов и тем дисциплины

-

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

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:

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 текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:**

1. Баротропная жидкость описывается уравнением состояния  $p = \lambda \rho^k$ , где  $\lambda$  и  $k$  - постоянные. Жидкость остается в покое в поле силы тяжести, действующей в направлении оси  $z$ . Найти зависимость  $p = p(z)$ , если  $p = p_0$  при  $z = 0$ .

- Идеальная однородная несжимаемая жидкость плотности  $\rho$  вытекает из широкого резервуара через плоскую насадку. Ширина насадки  $a_0$ , расположена она под углом  $\alpha$  к горизонту на высоте  $h$  относительно земли. Уровень жидкости в резервуаре  $H$  относительно земли. После удара о землю струя жидкости разветвляется на две струи, линии тока которых по мере удаления от места разветвления становятся горизонтальными. Определить ширину струй  $a_1$  и  $a_2$ .

- Изучить движение жидкости, определяемое комплексным потенциалом

$$F(z) = az^2,$$

где  $a$  - вещественная постоянная. Найти линии тока и эквипотенциальные линии.

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:

- Найти распределение давление и плотности в политропной атмосфере, для

которой давление  $P$  и плотность  $\rho$  связаны соотношением  $P = P_0 \left( \frac{\rho}{\rho_0} \right)^\gamma$ ,  $\gamma > 1$ . Определить высоту атмосферы.

- Газ, находящийся в сосуде под давлением  $P_0$ , адиабатически вытекает через малое отверстие радиуса  $a$  в стенке сосуда. Давление в окружающей среде  $P$ ,

перемешивания с воздухом не происходит. Далее струя газа ударяется о плоскую стенку, расположенную перпендикулярно к струе, и растекается по ней. Найти силу избыточного давления струи на стенку.

### 3. Изучить движение жидкости, определяемое комплексным потенциалом

$$F(z) = -\frac{C}{z},$$

где  $C$  - вещественная постоянная. Найти линии тока, эквипотенциальные линии и скорость течения жидкости.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	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. 100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий
отлично	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. Студент активно работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше
очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент решил задачу, дал полный и развернутый ответ на теоретический вопрос билета, но имеются неточности или шероховатости в ответах. Студент активно работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%
хорошо	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. Выполнение контрольных экзаменационных заданий



Оценка	Критерии оценивания
	от 70 до 80%.
удовлетворительно	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. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%
неудовлетворительно	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%.
плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы, не умеет решать задачи. Студент отсутствовал на большинстве лекций и практических занятий. Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые	Продemonстрированы все основные умения. Решены все	Продemonстрированы все основные умения. Решены все	Продemonстрированы все основные умения. Решены	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные

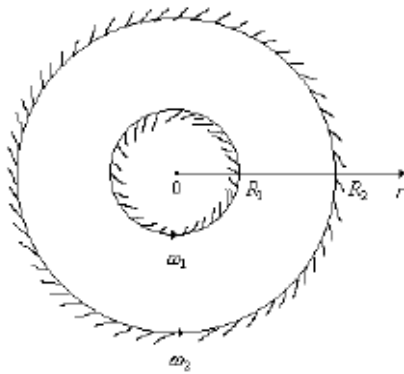
	вследствие отказа обучающегося от ответа	умения. Имели место грубые ошибки	задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

**5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:**

**5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1**



Вязкая несжимаемая жидкость находится между двумя соосными цилиндрами радиусов  $R_1$  и  $R_2$ , вращающихся вокруг оси с угловыми частотами  $\omega_1$  и  $\omega_2$ , соответственно. Найти скорость движения жидкости  $V(r)$  и силу вязкого трения, действующую на единицу длины внутреннего цилиндра. Коэффициент вязкости жидкости  $\eta$ .

2.

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  $V(r, t)$  и силу вязкого трения, действующую на единицу площади колеблющейся плоскости, если другая поверхность слоя жидкости является свободной. Плотность жидкости  $\rho$ , коэффициент вязкости  $\eta$ .

3.

Цилиндрический сосуд с идеальной несжимаемой жидкостью вращается с постоянной частотой  $\omega$  вокруг вертикальной оси в поле силы тяжести  $g$ . Помещая начало цилиндрической системы координат в нижней точке оси вращения, определить распределение давления в жидкости  $P(r)$ , форму ее свободной поверхности, полную силу давления на дно сосуда, если радиус сосуда  $R$ , объем жидкости  $\pi R^2 H$ , атмосферное давление  $P_0$ , плотность жидкости  $\rho$ .

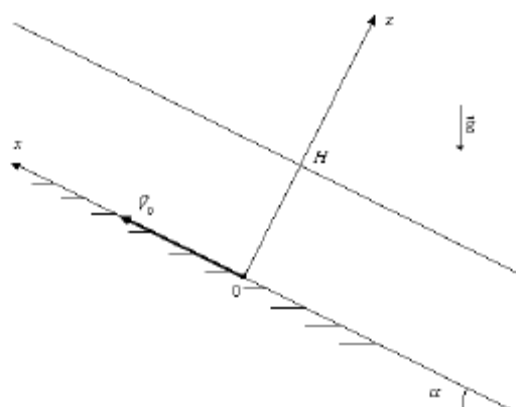
4.

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  $V(r, t)$  и силу вязкого трения, действующую на единицу площади колеблющейся плоскости, если другая поверхность слоя жидкости соприкасается с неподвижной стенкой. Плотность жидкости  $\rho$ , коэффициент вязкости  $\eta$ .

5.

Найти распределение давления внутри земного шара  $P(r)$ , считая его состоящим из однородной несжимаемой жидкости плотности  $\rho$  и пренебрегая вращением Земли. Радиус Земли  $R$ , ускорение свободного падения на поверхности  $g_0$ , атмосферное давление  $P_0$ , гравитационная постоянная  $\gamma$ .

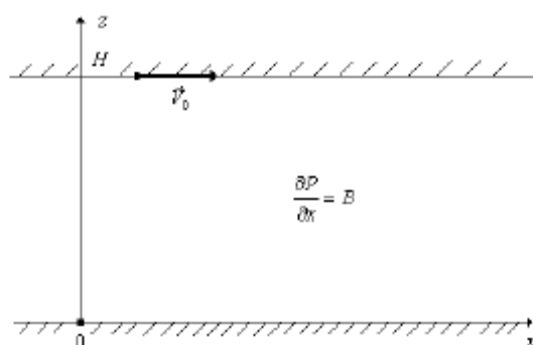
6.



Слой вязкой несжимаемой жидкости толщиной  $H$  находится в поле силы тяжести  $g$  и ограничен сверху свободной поверхностью, а снизу плоскостью, наклоненной под углом  $\alpha$  к горизонту идвигающейся вдоль оси  $x$  с постоянной скоростью  $V_0$ . Найти скорость движения

жидкости  $V(r)$  и максимальное значение угла  $\alpha$ , при котором движение плоскости обеспечивает подъем жидкости. Кинематический коэффициент вязкости жидкости  $\nu$ .

7.



Вязкая несжимаемая жидкость с коэффициентом вязкости  $\eta$  находится между двумя бесконечными пластинами, находящимися на расстоянии  $H$  друг от

друга. Верхняя пластина движется с постоянной скоростью  $V_0$ , нижняя неподвижна. Задан постоянный продольный градиент давления  $\frac{\partial P}{\partial x} = -B$ . Найти скорость движения жидкости  $V(r)$  и силы вязкого трения, действующие на единицу площади пластин. Определить значение  $V_0^*$ , при котором поток жидкости через поперечное сечение будет равен нулю.

8.

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  $\Gamma$ ?

9.

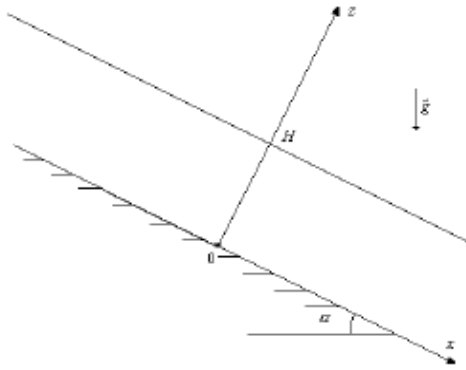
Неподвижная сфера радиуса  $R$  обтекается потенциальным потоком идеальной несжимаемой жидкости, имеющим на бесконечном удалении от сферы скорость  $V_0$  и давление  $P_0$ . Плотность жидкости  $\rho$ . Найти распределение потенциала  $\varphi(r, \theta)$ , скорости движения жидкости  $V(r, \theta)$  и полную силу  $F$ , действующую со стороны потока на сферу.

10.

Рассчитать полную массу земной атмосферы, считая ее идеальным изотермическим газом. Радиус Земли  $R$ , атмосферное давление и плотность на поверхности Земли  $P_0$  и  $\rho_0$ . Ускорение свободного падения  $g$  считать постоянным.

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

1.



Слой вязкой несжимаемой жидкости толщиной  $H$  ограничен сверху свободной поверхностью, а снизу плоскостью, наклоненной под углом  $\alpha$  к горизонту. Найти распределение скорости движения жидкости  $V(r)$ , возникающее под влиянием силы тяжести  $g$  и силу, действующую на единицу площади нижней плоскости. Плотность жидкости  $\rho$ , коэффициент вязкости  $\eta$ , атмосферное давление  $P_0$ .

2.

Найти распределение скорости движения вязкой несжимаемой жидкости  $V(r)$  в круговой трубе радиуса  $R$  с осью  $z$ , возникающее под влиянием постоянного продольного градиента

давления  $\frac{\partial P}{\partial z} = -B$ ,  $B > 0$ . Определить силу вязкого трения, действующую на единицу длины трубы и количество жидкости, протекающее через поперечное сечение трубы за единицу времени (расход жидкости). Коэффициент вязкости жидкости  $\eta$ .

3.

Найти распределение скорости движения вязкой несжимаемой жидкости  $V(r)$  между двумя коаксиальными цилиндрами радиуса  $R_1$  и  $R_2$  с общей осью  $z$ , возникающее под влиянием постоянного продольного градиента давления  $\frac{\partial P}{\partial z} = -B$ ,  $B > 0$ . Определить силы вязкого трения, действующие на единицу длины цилиндров и количество жидкости, протекающее за единицу времени через поперечное сечение (расход жидкости). Коэффициент вязкости жидкости  $\eta$ .

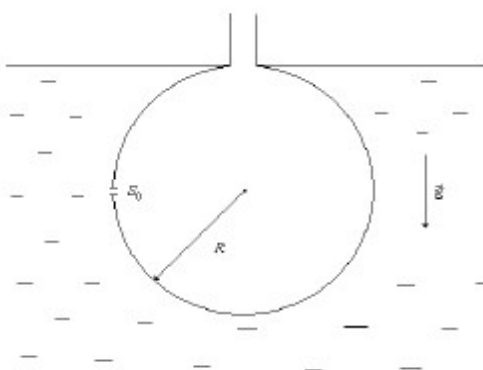
4.

Найти присоединенную массу шара радиуса  $R$ ,двигающегося равноускоренно со скоростью  $V_0(t)$  в идеальной несжимаемой жидкости с плотностью  $\rho$ .

5.

Найти присоединенную массу на единицу длины бесконечного кругового цилиндра радиуса  $R$ ,двигающегося равноускоренно со скоростью  $V_0(t)$  перпендикулярно своей оси в идеальной несжимаемой жидкости с плотностью  $\rho$ .

6.



Шаровая колба радиуса  $R$  погружена в идеальную жидкость по основание открытого горлышка и закреплена. Через какое время

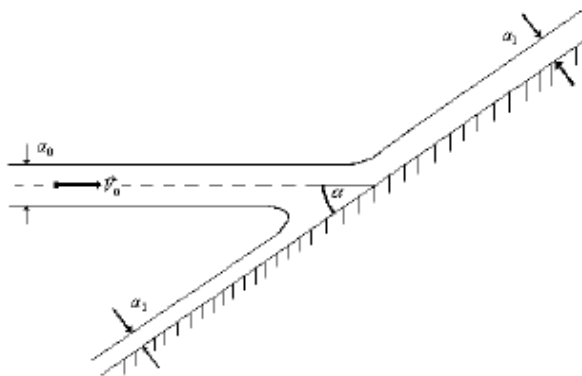


колба заполнится жидкостью, если на уровне центра в ее стенке сделано малое отверстие площадью  $S_0$ . Ускорение свободного падения  $g$ .

7.

В вертикально стоящий цилиндрический сосуд налита идеальная жидкость до уровня  $H$  относительно дна сосуда. Площадь дна сосуда  $S$ , ускорение свободного падения  $g$ . Определить время, за которое уровень жидкости в сосуде опустится до высоты  $h$ , если в дне сосуда сделано отверстие площадью  $S_0 \ll S$ .

8.



Плоская струя несжимаемой идеальной жидкости шириной  $a_0$ , текущая со скоростью  $V_0$ , падает на плоскую пластину, расположенную под углом  $\alpha$ . После этого поток разделяется на две струи, линии тока в которых по мере удаления от

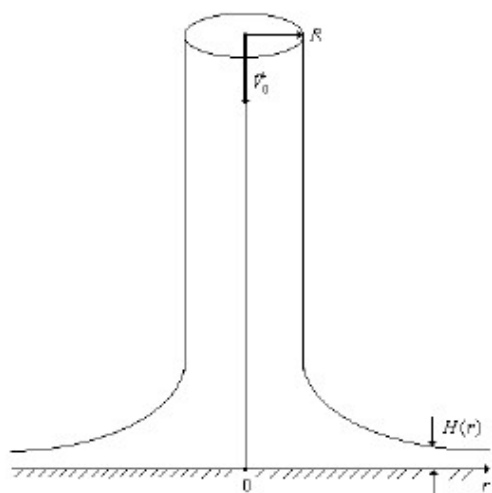
места разветвления асимптотически становятся параллельными пластине. Определить ширину этих струй  $a_1$  и  $a_2$  на бесконечности и полную силу избыточного давления струи на стенку  $F$ .

Газ (идеальная жидкость) плотности  $\rho_0$ , находящаяся в сосуде под давлением  $P_0$ , адиабатически вытекает через малое отверстие в стенке сосуда. Определить скорость истечения газа, если давление в окружающей среде равно  $P$ , плотность  $\rho$ .

10.

Рассчитать профиль скорости для стационарного течения Куэтта между двумя коаксиальными цилиндрами радиусов  $R_1$  и  $R_2$ , если внутренний цилиндр движется вдоль своей оси со скоростью  $V_0$ , а внешний цилиндр неподвижен. Найти расход жидкости и силы вязкого трения, действующие на единицу площади цилиндров.

11.



На горизонтальную поверхность со скоростью  $V_0$  падает круглая струя идеальной несжимаемой жидкости радиуса  $R$ . Определить толщину растекающейся по поверхности струи  $H(r)$  при  $r \gg R$  и силу избыточного давления струи на поверхность. Плотность жидкости  $\rho$ , влиянием силы тяжести пренебречь.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы

Оценка	Критерии оценивания
	одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

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-Вайсяля.
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.

#### **5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-2**

1. Стационарные вихревые движения жидкости идеальной несжимаемой жидкости. Примеры.
2. Теорема Томсона о циркуляции. Теоремы Гельмгольца о вихрях.
3. Элементарные вихревые движения и их взаимодействия.
4. Поверхностные гравитационные волны (длинные, короткие, гравитационно-капиллярные) и их основные свойства (траектории движения частиц, дисперсионные уравнения, фазовые и групповые скорости).
5. Уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости (уравнение Навье-Стокса). Его представление в векторной форме и в проекциях в декартовой системе координат.
6. Тензор вязких напряжений. Его физический смысл и представление в декартовой системе координат.
7. Граничные условия на поверхности тела, обтекаемого потоком идеальной или вязкой жидкости.
8. Течения Куэтта и Пуазейля с плоской и круговой симметрией. Формула Пуазейля для расхода жидкости.
9. Колебательные движения вязкой несжимаемой жидкости. Вязкие волны. Понятие скин-слоя.
10. Принцип подобия и его использование в гидродинамических задачах. Числа Рейнольдса, Фруда, Струхала и их физический смысл.
11. Движение тел в вязкой среде при малых числах Рейнольдса. Формула Стокса.
12. Пограничный слой. Обтекание полубесконечной пластины. Уравнение Прандтля.
13. Неустойчивость сдвигового течения. Турбулентность.
14. Основные уравнения гидродинамики сжимаемой жидкости в линейном приближении. Звуковые волны. Волновое уравнение. Связь между скоростью, давлением и плотностью в плоской акустической волне.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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

Основная литература:

- Ландау Лев Давидович. Теоретическая физика. Том 6. Гидродинамика : Учебное пособие. - 6-е изд. - Москва : Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2015. - 728 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-9221-1625-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=741031&idb=0>.
- Сборник задач по механике сплошных сред: гидромеханика и акустика : учеб. пособие / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2006. - 93 с. - В надзаг.: Национальный проект "Образование". Инновационная программа Нижегородского университета: Образовательно-научный центр "Информационно-телекоммуникационные системы: физические основы и математическое обеспечение". - ISBN 5-85746-918-X : 15.00., 193 экз.

Дополнительная литература:

- Акустика в задачах : учеб. рук. для вузов / под ред. С. Н. Гурбатова, О. В. Руденко. - М. : Наука,

1996. - 336 с. - 12000.00., 43 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

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., Мартянов 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., Мартянов 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 (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), 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 по направлению подготовки/специальности 03.03.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Гурбатов Сергей Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор  
Грязнова Ирина Юрьевна, кандидат физико-математических наук, доцент.

Рецензент(ы): Прончатов-Рубцов Николай Васильевич, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Гурбатов Сергей Николаевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18 декабря 2023 г., протокол № 09/23.