

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Высшая школа общей и прикладной физики

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

Рабочая программа дисциплины

Механика сплошных сред

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.02 – Физика

Направленность образовательной программы

Фундаментальная физика

Форма обучения

Очная

Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.04 «Механика сплошных сред» относится к части ООП направления подготовки 03.03.02 Физика, формируемой участниками образовательных отношений.

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
ПК-2. Способен применять в научно-исследовательской деятельности профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин	ПК-2.1: Демонстрация способности применять в научноисследовательской деятельности профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин	ПК-2.1: Знать основные уравнения механики сплошной среды, свойства особенности моделей в механике сплошных сред, основные способы описания в газовой динамике, динамике несжимаемой жидкости и деформируемого твердого тела. Уметь использовать основные уравнения механики сплошных сред для расчета течений жидкости и газа и деформаций твердого тела. Владеть навыками решения задач, основанных на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях.	Задачи	Задачи Собеседование
ПК-3. Способен ставить и решать научноинновационные задачи, применять результаты научных исследований в инновационной и проектной	ПК-3.1: Демонстрация способности ставить и решать научноинновационные задачи, применять результаты научных исследований в инновационной и проектной деятельности	ПК-3.1: Обладать знаниями по механике сплошных сред, необходимыми для решения научно-инновационных задач Уметь применять полученные знания при проведении научных исследований в избранной области.	Задачи	Задачи Собеседование

деятельности		Владеть современными теоретическими методами описания гидрофизических процессов в природных и технических системах.		
--------------	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	Очная
Общая трудоемкость	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	42
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование и краткое содержание 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	Занятия лабораторного типа	Всего	
	очная	очная	очная	очная	Очная	очная
Тема 1. Общие закономерности движения сплошной среды	14	4	4	0	8	6
Тема 2. Газовая динамика (динамика идеального газа).	20	6	6	0	12	8

Тема 3. Гидродинамика идеальной несжимаемой жидкости	14	4	4	0	8	6
Тема 4. Динамика вязкой несжимаемой жидкости	20	6	6	0	12	8
Тема 5. Гидродинамическая неустойчивость и переход к турбулентности	18	6	6	0	12	6
Тема 6. Динамика упругого деформируемого твердого тела	20	6	6	0	12	8
Аттестация	36					
КСР	2				2	
Итого	144	32	32	0	66	42

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Для самостоятельной работы обучающимся предлагается использовать основную и дополнительную литературу и/или электронные Интернет-ресурсы.

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 ПК-2

Задача 1.1

Слой вязкой жидкости толщины h соприкасается с неограниченной плоской поверхностью, совершающей в своей плоскости гармоническое колебание с частотой ω и амплитудой a . Определить силу трения, действующую на колеблющуюся поверхность, если верхняя поверхность слоя жидкости является свободной.

Задача 1.2

Погруженная в несжимаемую жидкость сфера расширяется по заданному закону $R=R(t)$. Определить давление жидкости на поверхности сферы.

Задача 1.3

Бесконечная труба сечением S перегороджена поршнем, по одну сторону от которого ($x>0$) в начальный момент времени находится газ под давлением p_0 , а по другую - вакуум. Масса поршня m . При $t=0$ поршень отпускают. Найти скорость движения поршня. Силой трения пренебречь.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3

Задача 2.1

Найти стационарное движение вязкой несжимаемой жидкости в длинной горизонтальной цилиндрической трубе под действием заданного постоянного градиента давления $\frac{\partial p}{\partial z}$, если сечением трубы является круговое кольцо, a и b - внутренний и внешний радиусы.

Задача 2.2

Справа от плотины находится слой неподвижной жидкости глубины h_0 . В момент времени $t = 0$ плотина начинает двигаться по закону $x = -at^2/2$. Найти скорость возникшего течения жидкости и ее глубину как функции x и t .

Задача 2.3

Из большого резервуара происходит истечение газа через сопло Лавала во внешнее пространство. Найти давление газа в резервуаре и отношение выходного сечения сопла Лавала к минимальному, если давление вне резервуара равно атмосферному, а число Маха выходного потока равно 5.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка		Критерии оценивания
Зачтено	Превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
	Отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
	Очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
	Хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.

Оценка		Критерии оценивания
	Удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
Не зачтено	Неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
	Плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора 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 и. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные 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	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
Зачтено	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».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

5.3.2 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2

Задача 1.1

Слой вязкой жидкости толщины h соприкасается с неограниченной плоской поверхностью, совершающей в своей плоскости гармоническое колебание с частотой ω и амплитудой a . Определить силу трения, действующую на колеблющуюся поверхность, если верхняя поверхность слоя жидкости является свободной.

Задача 1.2

Погруженная в несжимаемую жидкость сфера расширяется по заданному закону $R=R(t)$. Определить давление жидкости на поверхности сферы.

Задача 1.3

Бесконечная труба сечением S перегороджена поршнем, по одну сторону от которого ($x>0$) в начальный момент времени находится газ под давлением p_0 , а по другую - вакуум. Масса поршня m . При $t=0$ поршень отпускают. Найти скорость движения поршня. Силой трения пренебречь.

Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3

Задача 2.1

Найти стационарное движение вязкой несжимаемой жидкости в длинной горизонтальной цилиндрической трубе под действием заданного постоянного градиента давления $\frac{\partial p}{\partial z}$, если сечением трубы является круговое кольцо, a и b - внутренний и внешний радиусы.

Задача 2.2

Справа от плотины находится слой неподвижной жидкости глубины h_0 . В момент времени $t=0$ плотина начинает двигаться по закону $x = -at^2/2$. Найти скорость возникшего течения жидкости и ее глубину как функции x и t .

Задача 2.3

Из большого резервуара происходит истечение газа через сопло Лаваля во внешнее пространство. Найти давление газа в резервуаре и отношение выходного сечения сопла Лаваля к минимальному, если давление вне резервуара равно атмосферному, а число Маха выходного потока равно 5.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
Превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.

Оценка	Критерии оценивания
Отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
Очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
Хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
Удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
Неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
Плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Закон сохранения массы в дифференциальной и интегральной форме. Поток массы.
2. Закон сохранения импульса в дифференциальной и интегральной форме. Поток импульса. Тензор поверхностных напряжений.
3. Закон сохранения энергии в дифференциальной и интегральной форме. Поток энергии.
4. Теорема Бернулли.

5. Скорость звука
6. Законы сохранения массы, импульса и энергии для стационарного одномерного потока идеального газа
7. Граничные условия на разрыве.
8. Ударная волна и простая волна (определения).
9. Условие несжимаемости жидкости.
10. Парадокс Даламбера
11. Потенциал и функция тока.
12. Дисперсионные уравнения для гравитационных волн на глубокой и мелкой воде
13. Теорема о циркуляции
14. Тензор напряжений в вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса
15. Число Рейнольдса и его физический смысл.
16. Формула Стокса
17. Закон расширения ламинарного пограничного слоя на плоской пластинке.
18. Теорема Рэлея об устойчивости плоскопараллельного потока идеальной жидкости.
19. Гипотезы Колмогорова о статистических свойствах мелкомасштабной турбулентности
20. Турбулентные напряжения и их градиентные аппроксимации.
21. Тензор деформаций
22. Закон Гука для изотропной упругой среды.
23. Общее уравнение движения упругого твердого тела и граничные условия
24. Уравнения для продольных и поперечных волн в изотропной упругой твердой среде.

Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Закон сохранения массы в дифференциальной и интегральной форме. Поток массы.
2. Закон сохранения импульса в дифференциальной и интегральной форме. Поток импульса. Тензор поверхностных напряжений.
3. Закон сохранения энергии в дифференциальной и интегральной форме. Поток энергии.
4. Теорема Бернулли.
5. Скорость звука
6. Законы сохранения массы, импульса и энергии для стационарного одномерного потока идеального газа
7. Граничные условия на разрыве.
8. Ударная волна и простая волна (определения).
9. Условие несжимаемости жидкости.
10. Парадокс Даламбера
11. Потенциал и функция тока.
12. Дисперсионные уравнения для гравитационных волн на глубокой и мелкой воде
13. Теорема о циркуляции
14. Тензор напряжений в вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса
15. Число Рейнольдса и его физический смысл.
16. Формула Стокса
17. Закон расширения ламинарного пограничного слоя на плоской пластинке.
18. Теорема Рэлея об устойчивости плоскопараллельного потока идеальной жидкости.
19. Гипотезы Колмогорова о статистических свойствах мелкомасштабной турбулентности при больших числах Рейнольдса. Инерционный интервал. Закон $2/3$.
20. Турбулентные напряжения и их градиентные аппроксимации.

21. Тензор деформаций
22. Закон Гука для изотропной упругой среды.
23. Общее уравнение движения упругого твердого тела и граничные условия
24. Уравнения для продольных и поперечных волн в изотропной упругой твердой среде.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
Превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
Отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
Очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
Хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
Удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
Неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
Плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения

Оценка	Критерии оценивания
	материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

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

а) основная литература:

- 1) Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц, «Гидродинамика» (6 том курса "Теоретическая физика"), Наука, Глав.ред.физ.-мат.лит., М., 1986, 736 с. -137 экз.
- 2) Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц, «Теория упругости» (7 том курса "Теоретическая физика"), Наука, Глав.ред.физ.-мат.лит., М., 1987, 246 с. -169 экз.
- 3) Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.:Наука., 1987. -21 экз.
- 4) Седов Л.И. Механика сплошной среды, М.: Наука.
Том 1 1983 -528 с. – 90 экз.
Том 2 1984 -569 с. -87 экз.

б) дополнительная литература:

- 1) Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. 1966 -686 с. -6 экз.
- 2) Тимошенко С.П. Курс теории упругости. Киев, "Наукова думка", 1972, 501 с. -22 экз.

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

- 1) Ф.Б.Должанский Лекции по геофизической гидродинамике, 2006 -378 с. Библиотека Института вычислительной математики <http://www.inm.ras.ru/library/direct2/Dolzanskii.pdf>
- 2) Лекции по гидростатике Российский государственный университет нефти и газа им. И.М.Губкина http://www.gubkin.ru/personal_sites/rykinaln/hydromechanics/

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории. Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет. 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 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): Ю.И. Троицкая, Д.А. Сергеев

Заведующий кафедрой: Господчиков Егор Дмитриевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 30.06.2022 г., протокол № 3.