

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 12 от 26.12.2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Модели жидкостей и газов

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
15.03.03 - Прикладная механика

Направленность образовательной программы
Инженерное приложение суперкомпьютерного моделирования

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.20 Модели жидкостей и газов 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-6: Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий;	ОПК-6.1: Демонстрирует знание методов решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий ОПК-6.2: Умеет осуществлять решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий ОПК-6.3: Владеет методикой решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий	ОПК-6.1: Знает методы решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий ОПК-6.2: Умеет осуществлять решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий. ОПК-6.3: Владеет навыками решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий	Доклад Практическое задание	Экзамен: Контрольные вопросы Практическое задание

ОПК-7: Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении;	<p>ОПК-7.1: Демонстрирует знание методов применения современных экологичных и безопасных методов рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p> <p>ОПК-7.2: Демонстрирует умение применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p> <p>ОПК-7.3: Владеет методикой применения современных экологичных и безопасных методов рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p>	<p>ОПК-7.1: Знает методы применения современных экологичных и безопасных методов рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении.</p> <p>ОПК-7.2: Умеет применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p> <p>ОПК-7.3: Владеет навыками применения современных экологичных и безопасных методов рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p>	Доклад Практическое задание	Экзамен: Контрольные вопросы Практическое задание
ОПК-8: Способен проводить анализ затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении;	<p>ОПК-8.1: Демонстрирует знание методов анализа затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p> <p>ОПК-8.2: Демонстрирует умение осуществлять анализ затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p> <p>ОПК-8.3: Владеет методикой анализа затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p>	<p>ОПК-8.1: Знает методы анализа затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p> <p>ОПК-8.2: Умеет осуществлять анализ затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p> <p>ОПК-8.3: Владеет навыками анализа затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p>	Доклад Практическое задание	Экзамен: Контрольные вопросы Практическое задание

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	5
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	78
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 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	
	о ф	о ф	о ф	о ф	о ф
Введение	2	2	0	2	0
Идеальная жидкость. уравнения Эйлера. Гидростатика	28	4	6	10	18
Потенциальное обтекание сферы, цилиндра	20	4	4	8	12
Волны на поверхности жидкости	18	4	4	8	10
Гидродинамика вязкой жидкости	28	6	6	12	16
Устойчивость течения жидкости. Турбулентное течение	15	4	4	8	7
Звук	16	4	4	8	8
Газовая динамика	15	4	4	8	7
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	180	32	32	66	78

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение. Способы описания движения жидкости: эйлеров и лагранжевы способы задания движения жидкости, переход от одного описания к другому, субстанциональная и локальная производные по

времени. Система уравнений гидродинамики идеальной жидкости: уравнение неразрывности, уравнение Эйлера, полнота системы уравнений, уравнение состояния.

2. Гидростатика: основные уравнения, условия гидростатического равновесия, частота Вайселя.

3. Теорема Бернулли и закон сохранения энергии: теорема Бернулли и некоторые применения теоремы, теорема Бернулли как следствие закона сохранения энергии, закон сохранения энергии в нестационарном случае.

4. Закон сохранения импульса: тензор плотности потока импульса, теорема Эйлера и ее применение,

5. Вихревое движение жидкости: циркуляция скорости, теорема о сохранении циркуляции скорости, теоремы Гельмгольца о вихрях.

6. Уравнения гидродинамики для потенциального движения: потенциал скорости, плоское течение функция тока.

Применение теории аналитических функций в задачах гидродинамики: комплексный потенциал, примеры двумерных течений конформные преобразования.

7. Обтекание сферы потенциальным потоком, парадокс Даламбера- Эйлера. Стационарное обтекание кругового цилиндра: циркуляционное обтекание цилиндра, подъемная сила, формула Жуковского.

8. Гравитационные поверхностные волны: основные уравнения, гармонические волны, дисперсионное уравнение, приближения мелкой и глубокой воды, энергия волн.

9. Поверхностные явления. Формула Лапласа. Капиллярные волны на поверхности жидкости: чисто капиллярные волны, гравитационно-капиллярные волны.

10. Уравнения гидродинамики вязкой жидкости: коэффициент вязкости и вязкие напряжения, уравнение Навье-Стокса, вязкие силы. Примеры течений вязкой жидкости: течение Куэтта, течение Пуазейля между двумя пластинками, течение Пуазейля в круглой трубе, обтекание сферы медленным течением вязкой жидкости, формула Стокса Стационарное течение жидкости между вращающимися цилиндрами.

11. Подобие гидродинамических течений. Число Рейнольдса. Число Фруда. Число Струхала. Течение при малых числах Рейнольдса. Обтекание тела произвольной формы.

12. Пограничный слой, вязкие волны, уравнения Прандтля пограничного слоя.

13. Устойчивость стационарного движения жидкости. Устойчивость движения жидкости в пространстве между двумя вращающимися цилиндрами. Неустойчивость тангенциального разрыва.

14. Турбулентное течение. Переход от ламинарного течения к турбулентному течению. Развитая турбулентность. Уравнение Рейнольдса для усредненного потока.

15. Звуковые волны. Монохроматические волны. Энергия звуковой волны. Геометрическая акустика. Распространение звука в движущейся среде. Эффект Доплера.

16. Особенности газовой динамики. Число Маха. Характеристическая поверхность. Стационарный поток сжимаемой жидкости.

17. Поверхности разрыва. Ударные волны. Ударная адиабата. Истечение газа через сопло. Сопло Лаваля.

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.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному

преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),

- подготовка к промежуточному контролю успеваемости

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 - Доклад) для оценки сформированности компетенции ОПК-6:

1. Подобие, моделирование и примеры приложения теории размерности.
2. Применение теории размерности к определению структуры решений уравнения Навье-Стокса. Понятие об автомодельных решениях.
3. Теплопроводность в жидкости.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Доклад) для оценки сформированности компетенции ОПК-7:

1. Уравнения магнитной гидродинамики.
2. Ньютоновские и неньютоновские жидкости.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Доклад) для оценки сформированности компетенции ОПК-8:

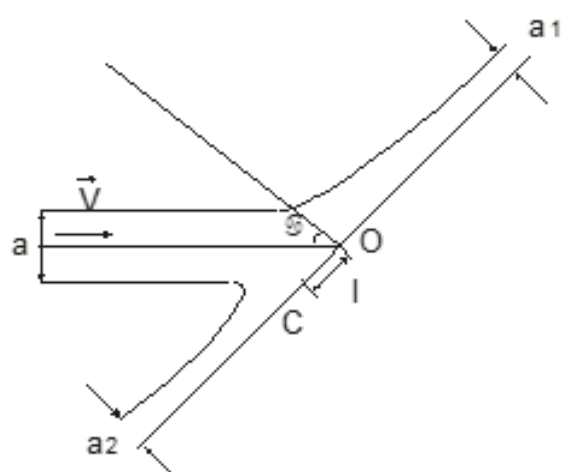
1. Автомодельные решения уравнений теплопроводности.
2. Волны во вращающейся жидкости.
3. Устойчивость параллельных течений.

Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Качество доклада: четко выстроен; демонстрационный материал использовался в докладе, хорошо оформлен, но есть неточности; отвечает на вопросы с неточностями; показано владение специальным аппаратом; выводы не полностью характеризуют работу.
не зачтено	Качество доклада: рассказывается, но не объясняется суть работы; демонстрационный материал был оформлен плохо, неграмотно; отвечает не на все вопросы; показано неполное владение специальным аппаратом; выводы нечетко характеризуют работу.

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ОПК-6:

Плоская струя воды ширины a , текущая со скоростью v , одинаковой во всех точках поперечного сечения, встречается под углом α с плоской бесконечной пластиной и разветвляется на две струи, линии тока которых вдали от места разветвления становятся параллельными пластине. Определить ширину этих струй a_1 и a_2 на бесконечности, если известна сила избыточного давления струи на стенку P на расстоянии l от точки O пересечения пластин.



и разветвляется на две струи, линии тока которых вдали от места разветвления становятся параллельными пластине. Определить ширину этих струй a_1 и a_2 на бесконечности, если известна сила избыточного давления струи на стенку P на расстоянии l от точки O пересечения пластин.

Уровень воды за плотиной постоянной ширины b находится на высоте H . Докажите, что обусловленный силой давления вращающий момент, действующий на плотину,

имеет плечо $H/3$. Какую минимальную постоянную толщину d должна иметь свободно стоящая бетонная плотина высотой H , чтобы не опрокинуться? Плотность бетона ρ_0 .

Написать систему уравнений, определяющую потенциал скоростей φ и давление p при стационарном потенциальном течении однородной несжимаемой жидкостью.

Показать, что функция

$$\Phi = -\frac{q}{4\pi r},$$

где $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$, является потенциалом скорости несжимаемой жидкостью, имеющим особенность в начале координат ($r = 0$). Изучить это движение, найти поле скорости. Вычислить объем жидкости Q , протекающей за единицу времени через поверхность сферы радиуса r с центром в начале координат.

Подпись к изображению

5.1.5 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ОПК-7:

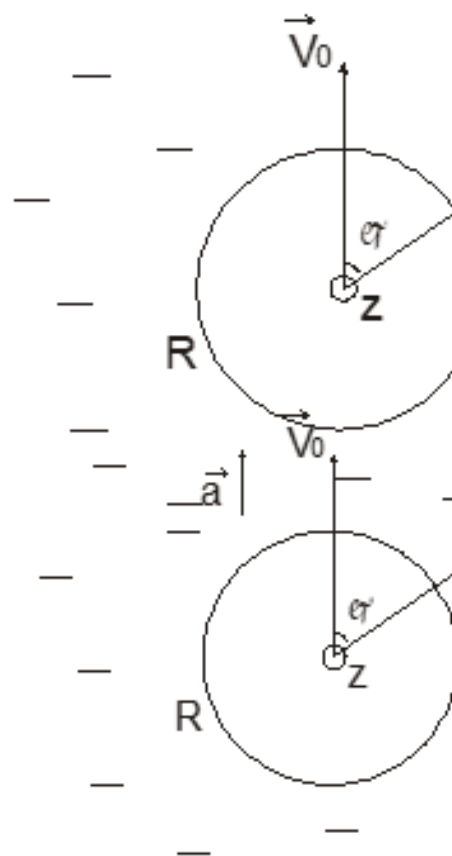
Доказать, что функция

$$\Phi = A(-x^2 - y^2 - 2z^2)$$

удовлетворяет уравнению Лапласа. Найти компоненты скорости

Круговой цилиндр радиуса R движется с постоянной скоростью \vec{V}_0 в идеальной несжимаемой жидкости в направлении, перпендикулярном его оси. Поставить краевую задачу для уравнения Лапласа. Получить выражение для потенциала Φ и компонент скорости частиц жидкости.

Найти присоединенную массу на единицу длины кругового цилиндра радиуса R , движущегося с ускорением в идеальной несжимаемой жидкости плотности ρ в направлении, перпендикулярном его оси.



Найти форму свободной поверхности при потенциальном вращении поле силы тяжести.

Получить выражение для фазовой и групповой скорости гравитационной мелкой воде ($\lambda \gg H$, где H - глубина канала).

Получить выражение для фазовой и групповой скорости гравитационной мелкой воде ($\lambda \gg H$, где H - глубина канала).

5.1.6 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ОПК-8:

Используя закон дисперсии для гравитационно-капиллярных волн:

$$\omega^2 = [gk + \gamma k^3] \tanh(kH),$$

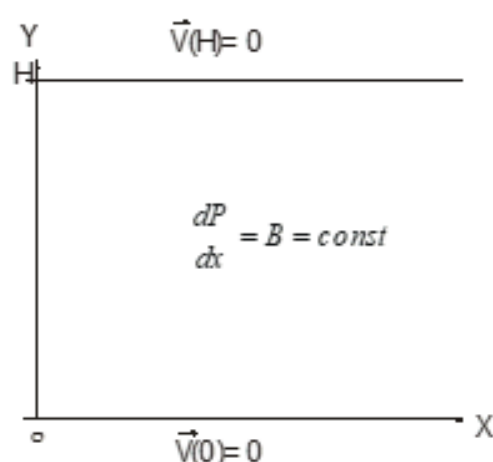
где $\gamma = \alpha / \rho_0$ (α - коэффициент поверхностного натяжения), H - глубина.

получить выражение для их групповой и фазовой скорости. Построить

$$v_{cp} = v_{cp}(\lambda), \quad v_{\phi} = v_{\phi}(\lambda).$$

Заметили, что поплавок поднимается и опускается на волне 15 раз в минуту. Найти длину волн и скорость их распространения, считая глубину жидкости очень большой.

Исследовать стационарное течение вязкой несжимаемой жидкости между



неподвижными бесконечными пластинами, находящимися на расстоянии H друг от друга, под действием

продольным градиентом давления $\frac{dP}{dx}$.

созданным внешними силами (течение Куэтта).

Определить профиль скорости v , плотность вязкости μ

f_s , действующей на единицу площади каждой пластины.

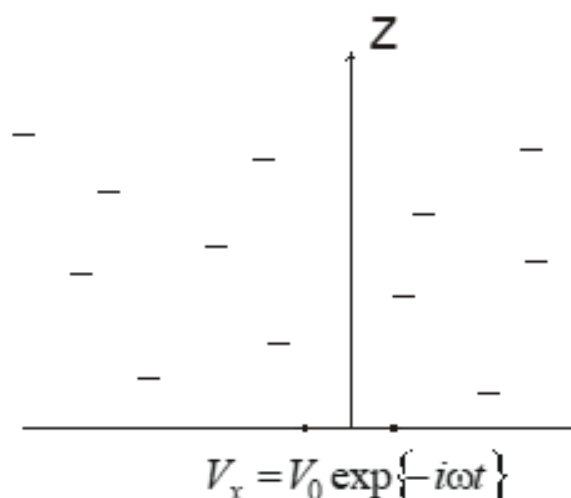
Стороны протекающей жидкости, среднюю скорость

потока v_{cp} и коэффициент сопротивления C_D .

Найти профили скорости v и давления p в случае течения Куэтта между двумя соосными цилиндрами радиусов R_1 и R_2 , вращающихся вокруг общей оси с угловыми скоростями ω_1 и ω_2 соответственно.

Бесконечная пластина, расположенная в плоскости xy и ограничивающая полупространство $z > 0$, заполненное однородной несжимаемой вязкой жидкостью, совершает гармонические колебания:

$$V_x = V_0 \exp\{-i\alpha t\}; \quad V_y = V_z = 0.$$



Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

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. 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 отдельными 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	При решении стандартных	Имеется минимальн	Продemonстрированы	Продemonстрированы	Продemonстрированы	Продemonстрированы

	навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	задач не продемонстриро ваны базовые навыки. Имели место грубые ошибки	ый набор навыков для решения стандартны х задач с некоторым и недочетами	базовые навыки при решении стандартны х задач с некоторым и недочетами	базовые навыки при решении стандартны х задач без ошибок и недочетов	навыки при решении нестандарт ных задач без ошибок и недочетов	творческий подход к решению нестандартны х 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».
	удовлетворитель но	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	неудовлетворите льно	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 с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-6

1. Способы описания движения жидкости: способы задания движения жидкости по Эйлеру и по Лагранжу, переход от одного описания к другому, субстанциональная и локальная производные по времени.
2. Система уравнений гидродинамики идеальной жидкости: уравнение неразрывности, уравнение Эйлера, уравнение состояния. Граничные условия.
3. Гидростатика: основные уравнения, условия гидростатического равновесия,
4. Теорема Бернулли
5. Закон сохранения энергии в нестационарном случае.
6. Тензор плотности потока импульса. Закон сохранения импульса,

7. Вихревое движение жидкости: циркуляция скорости, теорема о сохранении циркуляции скорости.
8. Уравнения гидродинамики для потенциального движения: потенциал скорости, интеграл Коши-Лагранжа, плоское течение, функция тока.
9. Обтекание сферы потенциальным потоком.
10. Парадокс Даламбера - Эйлера.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-7

1. Циркуляционное обтекание цилиндра. Формула Жуковского.
2. Вихри в идеальной жидкости. Присоединенный вихрь и подъемная сила.
3. Поверхностные явления. Поверхностное давление. Формула Лапласа.
4. Волны на поверхности жидкости: гравитационные волны, капиллярные волны, гравитационно-капиллярные волны.
5. Уравнения гидродинамики вязкой жидкости: коэффициенты вязкости и вязкие напряжения, уравнение Навье-Стокса, вязкие силы
6. Течение Куэтта, течение Пуазейля между двумя пластинками, обтекание сферы медленным течением вязкой жидкости
7. Формула Стокса.
8. Стационарное течение жидкости между вращающимися цилиндрами.
9. Подобие гидродинамических течений. Число Рейнольдса. Число Фруда. Число Струхала.
10. Течение при малых числах Рейнольдса. Обтекание тела произвольной формы.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-8

1. Пограничный слой: вязкие волны, уравнения Прандтля пограничного слоя.
2. Устойчивость стационарного движения жидкости. Устойчивость движения жидкости в пространстве между двумя вращающимися цилиндрами
3. Неустойчивость тангенциального разрыва.
4. Турбулентное течение. Переход от ламинарного течения к турбулентному течению. Развитая турбулентность. Уравнение Рейнольдса для усредненного потока.
5. Звуковые волны. Монохроматические волны. Энергия звуковой волны
6. Геометрическая акустика
7. Распространение звука в движущейся среде. Эффект Доплера.
8. Особенности газовой динамики. Число Маха. Характеристическая поверхность.
9. Стационарный поток сжимаемой жидкости.
10. Поверхности разрыва. Ударные волны. Ударная адиабата.
11. Истечение газа через сопло. Сопло Лавалья.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.

Оценка	Критерии оценивания
	Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ОПК-6

Доказать, что поле скорости потенциально, и найти его потенциал φ .

Пусть существует функция φ такая, что $\vec{v} = \text{grad} \varphi$. Написать уравнение неразрывности для потенциального движения сжимаемой и несжимаемой среды в виде уравнения для потенциала φ .

Масса жидкости движется так, что каждая частица описывает окружность, перпендикулярную к постоянной оси и с центром на ней. Показать, что уравнение неразрывности принимает вид:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \omega)}{\partial \theta} = 0,$$

где ω - угловая скорость для частицы, положение которой описывается цилиндрическими координатами r, θ, z .

Используя векторное тождество $(\vec{v} \nabla) \vec{v} = \frac{1}{2} \nabla v^2 - [\vec{v}, \text{rot} \vec{v}]$, преобразовать уравнение Эйлера к виду:

$$\frac{\partial}{\partial t} \text{rot} \vec{v} = \text{rot} [\vec{v}, \text{rot} \vec{v}].$$

Записать уравнение Эйлера в форме Громэко - Лэмба:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \text{grad} \left(\frac{v^2}{2} + w - gz \right) = [\vec{v}, \text{rot} \vec{v}],$$

Написать систему уравнений, определяющую потенциал скоростей φ и давлений p при стационарном потенциальном течении однородной несжимаемой жидкости.

Получить закон изменения энергии единицы объема жидкости в дифференциальной и интегральной форме.

Получить закон изменения импульса единицы объема жидкости в дифференциальной и интегральной форме.

5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ОПК-7

Доказать, что функция

$$\Phi = A(-x^2 - y^2 - 2z^2)$$

удовлетворяет уравнению Лапласа. Найти компоненты скорости

Доказать, что поле скорости $\vec{V} = 2xz\vec{I}_x + y^2\vec{I}_y + x^2\vec{I}_z$ потенциально, и найти потенциал φ .

Масса жидкости движется так, что каждая частица описывает окружность, перпендикулярную к постоянной оси и с центром на ней. Показать, что уравнение неразрывности принимает вид:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho\omega)}{\partial \theta} = 0,$$

где ω - угловая скорость для частицы, положение которой определено цилиндрическими координатами r, θ, z .

Пусть существует функция φ такая, что $\vec{v} = \text{grad} \varphi$. Написать уравнение неразрывности для потенциального движения сжимаемой и несжимаемой среды. Записать уравнения для потенциала φ .

Записать уравнение Эйлера в форме Громэко - Лэмба:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \text{grad} \left(\frac{v^2}{2} + w - gz \right) = [\vec{v}, \text{rot} \vec{v}],$$

Получить закон изменения энергии единицы объема жидкости в дифференциальной и интегральной форме.

Получить закон изменения импульса единицы объема жидкости в дифференциальной и интегральной форме.

5.3.6 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ОПК-8

Дано поле скорости: $v_x = \frac{x}{1+t}$, $v_y = \frac{2y}{1+t}$, $v_z = \frac{3z}{1+t}$.

Найти компоненты ускорения.

Вывести формулу для давления p на глубине h в жидкости с $\rho = \text{const}$, если жидкость вместе с сосудом движется:

а) с ускорением \vec{a} , направленным вверх;

Сосуд с жидкостью, находящийся в покое, получает на горизонтальной поверхности

ускорение \vec{a} вправо. Под каким углом к горизонту будет поверхность жидкости?

С какой силой действует вода на прямоугольную плотину в водохранилище шириной b , когда водохранилище заполнено водой доверху?

Найти силу \vec{F} , действующую на квадратную стенку аквариума, заполненного

водой. На какой высоте H от дна находится точка приложения этой силы?

Найти распределение давления и плотности в политропной атмосфере.

Давление p и плотность ρ связаны соотношением $p = p_0 \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^\gamma$, $\gamma > 1$.

Рассчитать полную массу Земной атмосферы, считая ее изотермической, пользуясь

известными значениями давления p_0 и плотности ρ_0 на уровне моря.

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.

Оценка	Критерии оценивания
	Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

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

Основная литература:

1. Кочин Николай Евграфович. Теоретическая гидромеханика : [учеб. для ун-тов]. Ч. 1 / под ред. И. А. Кибеля. - 6-е изд., испр. и доп. - М. : Физматгиз, 1963. - 583 с. : с черт. - 1.10., 45 экз.
2. Кочин Николай Евграфович. Теоретическая гидромеханика : [учеб. для ун-тов]. Ч. 2 / под ред. И. А. Кибеля. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Физматгиз, 1963. - 727 с. : с черт. - 1.39., 33 экз.
3. УМК "Основы механики сплошных сред" / Курин В. В., Грязнова И. Ю., Клемина А. В., Мартыанов А. И. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2011. - 88 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Теоретическая механика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=729700&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Ландау Лев Давидович. Теоретическая физика : учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов : в 10 т. Т. 6. Гидродинамика / под ред. Л. П. Питаевского. - Изд. 5-е, стер. - М. : Физматлит, 2003. - 736 с. - ISBN 5-9221-0053-X. - ISBN 5-9221-0121-8 (т. 6) : 173.00., 2 экз.
2. Дразин Филипп. Введение в теорию гидродинамической устойчивости = Introduction to hydrodynamic stability / [пер. с англ. Г. Г. Цыпкина ; под. ред. А. Т. Ильичева]. - М. : Физматлит, 2005. - 288 с. - ISBN 5-9221-0629-5 (рус.). - ISBN 0-521-80427-2 (англ.) : 39.00., 2 экз.

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

Сайт фундаментальной библиотеки ННГУ <https://lib.unn.ru/>

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 15.03.03 - Прикладная механика.

Автор(ы): Новиков Валерий Вячеславович, доктор физико-математических наук, доцент.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 10.10.2023 г., протокол № 2.