

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Косенок Сергей Михайлович
Должность: ректор
Дата подписания: 03.07.2025 06:24:24
Уникальный программный ключ:
e3a68f3eaa1e62674b54f4998099d3d6bfdcf836

**БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ХАНТЫ-МАНСКИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА-ЮГРЫ
"Сургутский государственный университет"**

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методической работе
Е.В.Коновалова

11 июня 2025 г., протокол УМС № 5

Механика жидкости, газа и плазмы
рабочая программа дисциплины (модуля)
Программа кандидатского экзамена

Закреплена за кафедрой Экспериментальной физики
Шифр и наименование научной специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы

Форма обучения **очная**

Часов по учебному плану	504	Виды контроля: Зачет: 1,2,3 Экзамен: 4
в том числе:		
аудиторные занятия	112	
самостоятельная работа	356	
часов на контроль	36	

Распределение часов дисциплины

Год обучения	1	2	3	4
Вид занятий				
Лекции	8	16	16	16
Практические	8	16	16	16
Итого ауд.	16	32	32	32
Сам. работа	56	112	112	76
Часы на контроль	-	-	-	36
Итого	72	144	144	108

Программу составил(и):

д-р физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. Ельников А.В.

Рабочая программа дисциплины

Механика жидкости, газа и плазмы

разработана в соответствии с ФГТ:

Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. №951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)".

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Экспериментальной физики

Протокол от 10.04.2025 г. №03/56

Заведующий кафедрой д-р физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. Ельников А.В.

Председатель УМС политехнического института

Ст. преп. Паук Е.Н.

Протокол от 06.05.2025 г. № 05/25

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1	Целью освоения дисциплины «Механика жидкости, газа и плазмы» является формирование представлений о теоретических основах механики жидкости, газа и плазмы и основных методах проведения исследований в этой области, общефизических знаний по кинематике, динамике и термодинамике сплошных сред, моделям жидких и газообразных сред и методам решения практических задач, физическом подоби и моделировании; приобретение аспирантами знаний о принципах построения измерительных систем принципа действия и конструкции измерительных приборов, навыков автоматизации физических измерений при проведении научно-исследовательских работ и применение их на практике. Дисциплина направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по научной специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО	
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Для успешного освоения дисциплины аспирант должен иметь глубокие фундаментальные знания и умения по основным разделам физики.
2.1.2	Предшествующими для изучения дисциплины являются:
2.1.3	результаты освоения дисциплин, направленных на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов, «История и философия науки», «Иностранный язык»;
	результаты научной (научно-исследовательской) деятельности аспирантов, направленной на подготовку диссертации к защите;
	результаты научной (научно-исследовательской) деятельности аспирантов, направленной на подготовку публикаций;
	результаты прохождения научно-исследовательской практики.
2.2	Последующими к изучению дисциплины являются знания, умения и навыки, используемые аспирантами:
2.2.1	в научной (научно-исследовательской) деятельности аспирантов, направленной на подготовку диссертации к защите;
	в научной (научно-исследовательской) деятельности аспирантов, направленной на подготовку публикаций;
	при прохождении итоговой аттестации.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
В результате освоения дисциплины обучающийся должен	
3.1	Знать:
3.1.1	методологию теоретических и экспериментальных исследований
3.1.2	кинетическую теорию и механику сплошной среды
3.1.3	математические модели для описания параметров потоков движущихся сред в широком диапазоне условий
3.2	Уметь:
3.2.1	адаптировать и обобщать результаты теоретических и экспериментальных исследований
3.2.2	изучать процессы и явления, сопровождающие течения однородных и многофазных сред при механических, тепловых, электромагнитных и прочих воздействиях
3.2.3	исследовать математические модели для описания параметров потоков движущихся сред в широком диапазоне условий
3.3	Владеть:
3.3.1	навыками изучения и предвидения результатов теоретических и экспериментальных исследований
3.3.2	навыками изучения процессов и явлений, происходящих при взаимодействии текучих сред с движущимися или неподвижными телами
3.3.3	навыками по проведению экспериментальных исследований течений и их взаимодействия с телами и интерпретации экспериментальных данных с целью прогнозирования и контроля природных явлений и технологических процессов.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)					
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Курс	Часов	Литература	Примечание
	Раздел 1.				
1.1	Введение в механику жидкости и газа. Простейшие модели жидких сред. /Лек/	1	2	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
1.1.1	Введение в механику жидкости и газа. Простейшие модели жидких сред. /Пр/	1	2	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
1.1.2	Введение в механику жидкости и газа. Простейшие модели жидких сред. /Ср/	1	6	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
1.2	Основные сведения из кинематики жидкости /Лек/	1	6	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	

1.2.1	Основные сведения из кинематики жидкости /Пр/	1	6	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
1.2.2	Основные сведения из кинематики жидкости /Ср/	1	50	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
1.3	/Контрольная работа/	1	0	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	Задание для контрольной работы
1.4	/Зачёт/	1	0	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	Задание на зачете
	Раздел 2.				
2.1	Теория упругости. Законы динамики жидкости /Лек/	2	8	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
2.1.1	Теория упругости. Законы динамики жидкости /Пр/	2	8	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
2.1.2	Теория упругости. Законы динамики жидкости /Ср/	2	56	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
2.2	/Контрольная работа/	2	0	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	Задание для контрольной работы
2.3	/Зачёт/	2	0	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	Задание на зачете
	Раздел 3.				
3.1	Движение идеальной жидкости. /Лек/	2	4	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
3.1.1	Движение идеальной жидкости. /Пр/	2	4	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
3.1.2	Движение идеальной жидкости. /Ср/	2	28	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
3.2	Движение вязкой жидкости. /Лек/	2	4	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
3.2.1	Движение вязкой жидкости. /Пр/	2	4	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
3.2.2	Движение вязкой жидкости. /Ср/	2	28	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
3.3	/Контрольная работа/	2	0	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	Задание для контрольной работы
3.4	/Зачёт/	2	0	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	Задание на зачете
	Раздел 4.				
4.1	Методы подобия и размерности. Критерии подобия. /Лек/	3	8	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
4.1.1	Методы подобия и размерности. Критерии подобия. /Пр/	3	8	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
4.1.2	Методы подобия и размерности. Критерии подобия. /Ср/	3	56	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
4.2	/Контрольная работа/	3	0	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	Задание для контрольной работы
4.3	/Зачёт/	3	0	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	Задание на зачете
	Раздел 5.				
5.1	Турбулентность. Ламинарное и турбулентное течения. /Лек/	3	8	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
5.1.1	Турбулентность. Ламинарное и турбулентное течения. /Пр/	3	8	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
5.1.2	Турбулентность. Ламинарное и турбулентное течения. /Ср/	3	56	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	

5.2	/Контрольная работа/	3	0	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	Задание для контрольной работы
5.3	/Зачёт/	3	0	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	Задание на зачете
Раздел 6.					
6.1	Пограничный слой. /Лек/	4	8	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
6.1.1	Пограничный слой. /Пр/	4	8	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
6.1.2	Пограничный слой. /Ср/	4	38	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
6.2	Газовая динамика /Лек/	4	8	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
6.2.1	Газовая динамика /Пр/	4	8	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
6.2.2	Газовая динамика /Ср/	4	38	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	
6.3	/Контрольная работа/	4	0	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	Задание для контрольной работы
7.	/Экзамен/	4	36	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8	Вопросы для подготовки к кандидатскому экзамену

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

5.1. Контрольные вопросы и задания

Проведение текущего контроля успеваемости

Раздел 1. Тема 1.1. Введение в механику жидкости и газа. Простейшие модели жидких сред.

Перечень вопросов для устного опроса:

1. В чем состоит основная идея метода МСС? Его достоинства и недостатки.
2. Поясните смысл предположения сплошности среды.
3. Как в МСС определяются физически бесконечно малые, элемент объема и промежуток времени?
4. В чем особенность выбора малого элемента объема в газовой среде?

Вопросы для самостоятельной работы:

Модели механического движения. Бесконечно малые в модели сплошной среды. Бесконечно малый элемент объема.

Бесконечно малый промежуток времени.

Задания для практических занятий

Задание 1.

При экспериментальном изучении явлений переноса в газах часто используется метод «двух объемов». Представим себе экспериментальную ячейку в виде двух камер, объединенных узким капилляром. Можно ли моделировать газ как сплошную среду, если среднее давление в ячейке равно $p = 8$ кПа, радиус капилляра $a = 10^{-3}$ м, длина $L = 0,05$ м, объемы камер $V = 10^{-3}$ м³, время установления стационарного состояния $\tau = 60$ с. Ячейка заполнена аргоном при температуре $T = 293$ К. Газ считать идеальным, а молекулы аргона – твердыми сферами с эффективным диаметром $d = 3,42 \cdot 10^{-10}$ м. Молярная масса аргона $M = 0,0399$ кг/моль.

Задание 2.

При движении тел в газе или жидкости имеет место сопротивление трения. Применим ли метод механики сплошных сред для вычисления силы сопротивления искусственного спутника Земли, движущегося по эллиптической орбите с перигеем $h_1 = 100$ км и апогеем $h_2 = 300$ км? Диаметр спутника $d = 1$ м, температура среды $T = 300$ К, молярная масса газа $M = 0,029$ кг/моль, эффективный диаметр молекул $d = 3 \times 10^{-10}$ м, число молекул в единице объема около поверхности Земли $n_0 = 2,7 \cdot 10^{25}$ м⁻³.

Раздел 1. Тема 1.2. Основные сведения из кинематики жидкости

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Переменные Лагранжа и Эйлера.
2. Какие деформации называются упругими?
3. Что характеризует относительная деформация?
4. В чем физический смысл тензора поворота?
5. Что характеризуют диагональные и недиагональные компоненты тензора деформации?
6. Как определяется относительное изменение объема при сжатии?
7. Какие силы называют объемными и какие поверхностными?

Вопросы для самостоятельной работы:

Переменные Лагранжа и Эйлера. Переход от переменных Лагранжа к переменным Эйлера и обратно. Индивидуальная и местная производные. Установившееся и не установившееся движения. Скорости и ускорения. Траектории, линии тока, критические точки. Некоторые замечания о тензорах. Скорости и перемещения точек бесконечно малого объема сплошной среды. Тензор скоростей деформаций и его инварианты. Смысл компонент тензора скоростей деформаций. Смысл компонент вихря скорости. Вихревые линии, вихревые трубки. Циркуляция скорости. Скорость объемного расширения жидкости. Теорема Коши-Гельмгольца. Некоторые формулы дифференцирования объемных интегралов.

Задания для практических занятий

Задание 1. Движение жидкости задано способом Лагранжа (x, y, z - декартовы координаты, a, b, c - переменные Лагранжа, t - время).

$$x = a \cdot \cos(at + b); y = a \cdot \sin(at + b); z = c + \omega t.$$

Опишите движение в переменных Эйлера.

Задание 2. Движение жидкости задано способом Эйлера:

$$V_x = -atx; V_y = aty; V_z = 0.$$

Опишите движение в переменных Лагранжа.

Задание 3. Поле скоростей задано в декартовой системе координат в переменных Эйлера: $v_x = -ky$, $v_y = kx$, $v_z = kz$.

Найдите скорости частиц в переменных Лагранжа, линии тока, траектории частиц, ускорение в переменных Эйлера и переменных Лагранжа.

Задание 4. Записать уравнения линий тока и траекторий для движения жидкости, заданного проекциями скоростей:

$$V_x = x + t; V_y = -y + t; V_z = 0.$$

Задание 5. Жидкость вращается вокруг оси z так, что скорости частиц убывают пропорционально расстоянию от оси вращения. Найти ротор и дивергенцию поля скорости.

Задания для контрольной работы по темам

Раскройте подробно содержание одного из следующих вопросов:

1. Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические метода описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред.
2. Основные исторические этапы в развитии механики жидкости и газа.

Раздел 2. Тема 2.1. Теория упругости. Законы динамики жидкости

Перечень вопросов для устного опроса по теме «Теория упругости»:

1. Какие силы называют объемными и какие поверхностными?
2. Каков физический смысл компонент тензора напряжений?
3. Как записывается тензор напряжений при всестороннем равномерном сжатии?
4. Какие силы дают вклад в результирующую силу, действующую на выделенный объем деформируемого тела?
5. Для каких деформаций справедлив первый закон термодинамики?
6. Почему модули всестороннего сжатия и сдвига неотрицательны?
7. В каком процессе модуль всестороннего сжатия больше, в изотермическом или адиабатическом? Обоснуйте.
8. Что представляют собой граничные условия первого и второго рода к сравнению равновесия изотропного деформированного тела?
9. В чем принципиальное отличие между субстанциональным и локальным описанием движения сплошной среды?

Перечень вопросов для устного опроса по теме «Законы динамики жидкости»:

1. Что характеризует след тензора скоростей деформации?
2. В чем отличие между индивидуальным и фиксированным объемами сплошной среды?
3. Какой физический смысл имеет уравнение непрерывности?
4. Из какого фундаментального закона следует симметрия тензора напряжений?
5. Что характеризует величина вектора плотности теплового потока?
6. В каком случае вектор Умова равен вектору плотности теплового потока?
7. Перечислите уравнения, составляющие замкнутую систему уравнений движения сплошной среды.
8. При каком условии в среде возникают вязкие напряжения?
9. В чем отличие между тензорами упругих и вязких напряжений?
10. Какое значение имеет модуль сдвига для ньютоновских жидкостей и газов?
11. Каким критерием руководствуются при выборе модели сплошной среды (жидкость или твердое тело) при нестационарных процессах?
12. Распространяются ли поперечные волны в объеме ньютоновской жидкости или газа? Обоснуйте ответ.

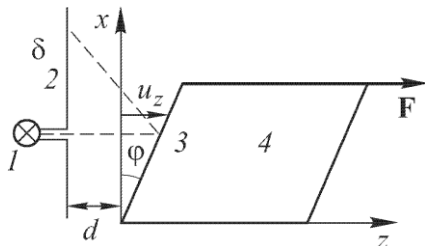
Вопросы для самостоятельной работы:

Закон сохранения масс. Закон количества движения сплошной среды. Закон момента количества движения. Закон сохранения энергии. Понятие вектор Умова. Закон Гука. Модуль Юнга. Коэффициент Пуассона.

Задания для практических занятий по теме «Теория упругости. Законы динамики жидкости».

Задача 1. Определите модуль сдвига μ из опыта, принципиальная схема которого показана на рис. 1.

Рис. 1. Схема опыта: 1 — источник света, 2 — шкала, 3 — зеркальный торец бруска, 4 — испытуемый брусок с площадью основания S ; d — расстояние от зеркала до шкалы, δ — смещение отраженного луча при деформации бруска



Задача 2. Определите деформацию шара радиуса R и плотностью ρ под влиянием собственного гравитационного поля. Ускорение свободного падения g на поверхности шара известно.

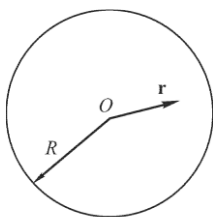


Рис.2 Деформация шара

Задача 3. Определите деформацию полой цилиндрической трубы с внутренним радиусом R_1 и внешним R_2 , заполненной жидкостью или газом при давлении p . Давление снаружи отсутствует. Силой тяжести пренебречь.

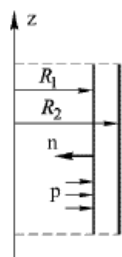


Рис.3. Пोलый цилиндр.

Задача 4. Определите деформацию сплошного цилиндра радиуса R , равномерно вращающегося вокруг своей оси с угловой скоростью ω . Силой тяжести пренебречь.

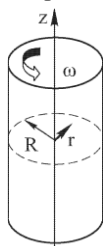


Рис.4. Вращающийся цилиндр

Задача 5. В теплообменнике, представляющем собой алюминиевую сферу с внутренним радиусом R_1 и внешним R_2 , находится пар при температуре T_1 . Снаружи сфера обтекается водой при температуре T_2 . Вычислите деформацию сферы, если $T_1 = 500$ К, $T_2 = 300$ К, $R_1 = 0,50$ м, $R_2 = 0,52$ м. Радиусы даны при температуре $T_0 = 293$ К. Коэффициент теплового линейного расширения алюминия $\alpha = 2,29 \cdot 10^{-5}$ К $^{-1}$. Коэффициент Пуассона $\alpha = 0,34$. Температуру поверхности теплообменника примите равной температуре окружающей среды.

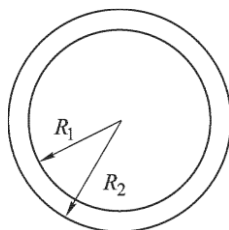


Рис.5. Полая сфера

Задания для контрольной работы по темам

Раскройте подробное содержание одного из следующих вопросов:

1. Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и Эйлеровы координаты. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике.

2. Определения и свойства кинематических характеристик движения: перемещение, траектория, скорость, линии тока, критические точки, ускорение, тензор скоростей деформации и его инварианты, вектор вихря, потенциал скорости, циркуляция скорости, установившееся и неустановившееся движение среды.

3. Условие гидростатического равновесия. Теорема Бернулли и закон сохранения энергии.

Раздел 3. Тема 3.1. Движение идеальной жидкости.

Перечень вопросов для устного опроса по теме «Движение идеальной жидкости»:

1. Что представляет собой модель идеальной жидкости? Какова область применимости этой модели?
2. Перечислите уравнения, составляющие замкнутую систему уравнений движения идеальной жидкости.
3. В чем состоит граничное условие к уравнению Эйлера?
4. Какое движение жидкости называют изэнтропическим? Согласно уравнению (5.6) энтропия индивидуальных частиц идеальной жидкости не изменяется с течением времени. Значит ли это, что движение идеальной жидкости всегда изэнтропическое?
5. Какую жидкость называют несжимаемой? В чем состоит критерий несжимаемости?
6. Какое движение идеальной жидкости называют потенциальным?
7. Что такое линия тока и траектория?
8. Что называют трубкой тока? В чем состоит ее замечательное свойство?
9. В чем отличие уравнения Бернулли для потенциальных и непотенциальных движений идеальной жидкости?
10. Что такое кавитация? Объясните это явление на основе уравнения Бернулли.
11. Какое движение идеальной жидкости называют баротропным? Приведите примеры.
12. Сформулируйте теорему Томсона о сохранении циркуляции скорости жидкости. Укажите область ее применимости.
13. Что такое вихревая линия и вихревая трубка?
14. Сформулируйте теорему Гельмгольца об интенсивности вихревой трубки и ее следствие.
15. Чему равна циркуляция скорости при потенциальном движении идеальной жидкости?
16. Что такое лобовое сопротивление и подъемная сила?
17. В чем состоит парадокс Даламбера?
18. В чем состоит эффект Магнуса? Объясните на основе уравнения Бернулли.
19. Что такое присоединенная масса при движении тел в идеальной жидкости?

Вопросы для самостоятельной работы:

Уравнения движения идеальной жидкости. Уравнение Бернулли. Применение уравнения Бернулли. Влияние сжимаемой среды. Вихревое движение. Потенциальное движение. Методы описания движения идеальной жидкости.

Задания для практических занятий по теме «Движение идеальной жидкости»

Задача 1. Определите форму сосуда, используемого для водяных часов. Требование: высота уровня жидкости в верхней части должна уменьшаться равномерно со скоростью v_1 . Жидкость считать идеальной и несжимаемой.

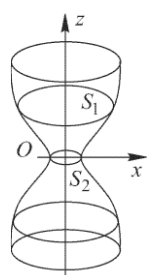


Рис.6. Водяные часы

Задача 2. Жидкость вытекает из цилиндрического сосуда через небольшое отверстие в дне сосуда. Покажите, что время, необходимое для истечения жидкости, вдвое больше того времени, которое потребовалось бы для истечения того же количества жидкости, если ее уровень поддерживается постоянным.

Задача 3. В теориях кипения жидкости и кавитации представляет интерес время схлопывания образовавшегося воздушного пузырька в объеме жидкости. Пусть начальный радиус пузырька равен R_0 .

Давление жидкости на бесконечности равно p_0 . Определите время τ , в течение которого образовавшаяся сферическая полость заполняется жидкостью. Никаких других сил к жидкости не приложено. Жидкость считать несжимаемой. Давлением газа в пузырьке пренебречь.

Задача 4. Определите форму, которую имеет свободная поверхность полого вихря с интенсивностью Γ в идеальной жидкости в поле силы тяжести. Движение жидкости потенциальное. Внешнее давление равно p_0 .

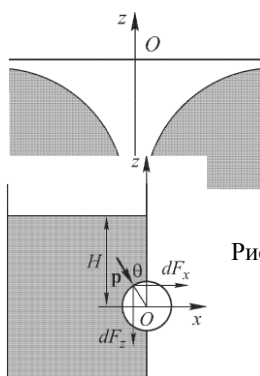


Рис.7. Полый вихрь

Задача 5. Определите силу, действующую на шар радиуса R , закрепленный на горизонтальной оси в круглом отверстии в стенке плоского сосуда, заполненного жидкостью (рис. 8). Расстояние от оси шара до поверхности жидкости в сосуде равно H , внешнее давление — p_0 . Трения нет. Будет ли шар вращаться вокруг оси?

Рис.8. Шар в стенке сосуда

Раздел 3. Тема 3.2. Движение вязкой жидкости.

Перечень вопросов для устного опроса по теме «Движение вязкой жидкости»:

1. Перечислите уравнения, составляющие замкнутую систему уравнений движения вязкой жидкости?
2. В чем состоят граничные условия к уравнению Навье-Стокса? Рассмотрите поверхность твердого тела, границу раздела двух несмешивающихся жидкостей и свободную поверхность жидкости.
3. Что такое диссипация кинетической энергии вязкой жидкости? В какой области движущейся жидкости диссипация энергии наиболее существенна?

- Покажите на графике качественную зависимость интенсивности плоского вихря от времени.
- Что такое массовый и объемный расход жидкости?
- Как измерить коэффициент вязкости, используя закон Пуазейля о движении жидкости в трубке? То же, используя закон Стокса о движении шарика в жидкости.
- Как коэффициент вязкости газов и жидкостей зависит от температуры?
- Что такое число Рейнольдса? Запишите формулу и поясните физический смысл.
- В каком случае можно пренебречь нелинейным членом $(\mathbf{v}\nabla)\mathbf{v}$ в уравнении Навье-Стокса?
- Покажите, что если линии тока параллельны, то $(\mathbf{v}\nabla)\mathbf{v} = 0$.
- Шарик равномерно движется в жидкости вдоль направления силы тяжести. Как скорость шарика зависит от его радиуса и вязкости жидкости?
- Какие жидкости называют ньютоновскими?

Вопросы для самостоятельной работы:

Замкнутая система уравнений движения вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса. Диссипация кинетической энергии несжимаемой вязкой жидкости. Точные решения уравнения Навье-Стокса. Медленное обтекание шара.

Задания для практических занятий по теме «Движение вязкой жидкости»

Задача 1. Дно широкого бассейна покрыто тонким слоем воды. На поверхности воды плавает тонкая деревянная доска, нижняя поверхность которой находится на расстоянии d от дна бассейна. Все остальные размеры доски во много раз больше d . Доска движется горизонтально с малой скоростью u . Чему равна скорость диссипации энергии в единице объема воды вблизи середины доски? Воду считать несжимаемой жидкостью.

Задача 2. Определите диссипацию энергии при движении воздуха в плоском канале (рис. 9) со средней скоростью $v = 20$ м/с. Вязкость воздуха и размеры канала заданы: $\eta = 1,8 \cdot 10^{-4}$ г/(см · с), $h = 1$ мм, $d = 0,5$ м, $l = 1$ м. Оцените разность температур воздуха на входе и выходе из канала за счет диссипации энергии.

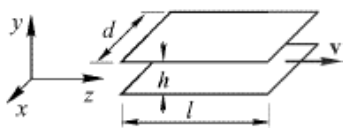


Рис.9. Движение воздуха в плоском канале

Задача 3. Слой жидкости толщиной h ограничен сверху свободной поверхностью, а снизу — неподвижной плоскостью, наклоненной под углом α к горизонту (рис. 10). Определите движение жидкости под влиянием силы тяжести. Слой жидкости считать бесконечно тонким по сравнению с размерами наклонной плоскости. Изучение таких тонких слоев жидкости связано с работой колонн с орошаемой стенкой при испарении, а также с нанесением краски на бумажную ленту.

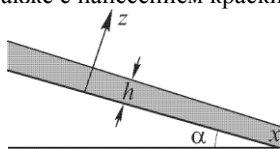


Рис.10. Движение слоя жидкости

Задача 4. Цилиндр радиуса R_1 движется стационарно со скоростью u внутри коаксиального с ним цилиндра радиуса R_2 параллельно своей оси (рис. 11). Определите скорость движения жидкости, заполняющей пространство между цилиндрами, объемный расход жидкости и силу, действующую на единицу длины движущегося цилиндра.

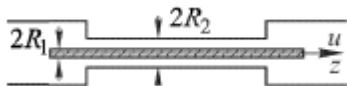


Рис.11. Течение жидкости в кольцевом канале

Задача 5. В опытах по абсорбции поток вязкой жидкости поднимается вверх по трубке и затем стекает по наружной стенке радиуса R_1 вниз (рис. 12). Определите скорость движения жидкости в пленке вдали от концов стенки и объемный расход жидкости в пленке.

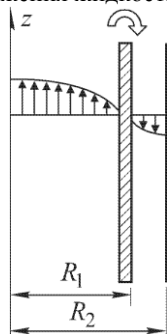


Рис.12.

Задания для контрольной работы по темам:

Раскройте подробное содержание одного из следующих вопросов:

- Парадокс Даламбера-Эйлера.
- Циркуляционное обтекание цилиндра.
- Решение задачи обтекания кругового цилиндра методом конформного преобразования.
- Напряжения и деформации. Соотношение между напряжениями и скоростями деформаций для ньютоновских жидкостей.
- Уравнения баланса импульса. Уравнения Навье-Стокса.

Раздел 4. Тема 4.1. Методы подобия и размерности. Критерии подобия. (5 семестр)

Перечень вопросов для устного опроса по теме «Методы подобия и размерности. Критерии подобия»

- Что представляет собой моделирование? Каковы его цели?
- Каково назначение аэродинамической трубы? Какие основные требования предъявляются к аэродинамическим трубам?
- В чем состоит предназначение метода подобия в гидроаэродинамике?
- Какие потоки называют подобными?
- Как выводятся критерии подобия течений вязкой жидкости?
- Поясните физический смысл чисел Маха, Рейнольдса, Фруда и Струха- ла.
- Что такое геометрическое и динамическое подобие двух потоков жидкости?

8. Обязательно ли динамически подобные потоки должны быть геометрически подобными и наоборот?
9. Какие тела называются геометрически подобными?
10. Что дает анализ размерностей физических явлений?
11. Что такое мера физической величины? Чем определяется масштаб меры?
12. Какие физические величины называют основными и производными?
13. Что называют размерностью физической величины?
14. Какие величины являются основными в гидродинамике?
15. Что такое определяющие параметры?
16. Сколько безразмерных комбинаций можно составить из N определяющих параметров, если p из них являются основными?
17. Как построить уравнение размерности?
18. Как получить уравнения для показателей размерностей?
19. Как выбрать определяющие параметры и основные величины?

Вопросы для самостоятельной работы:

Подобие гидродинамических движений. Безразмерные уравнения движения. Сила сопротивления. Коэффициенты сопротивления. Моделирование. Аэродинамические трубы. Бассейны. Аналитические коэффициенты сопротивления. Метод размерностей физических величин. Основные и производные величины. Определяющие параметры.

Задания для практических занятий по теме «Методы подобия и размерности. Критерии подобия»

Задача 1. Определите буксировочное усилие, требуемое для буксировки в натуре тела, имеющего форму эллипсоида вращения. Длина тела 1,5 м, и его предполагается буксировать глубоко погруженным в воду при температуре 15°C со скоростью 3 м/с. Геометрически подобная модель испытывается в аэродинамической трубе с регулярным давлением и скоростью движения воздуха 30 м/с при температуре 15°C. Плотность воды равна 1000 кг/м³. Отношение коэффициентов вязкости для воздуха и воды при заданной температуре равно 0,016.

Задача 2. В химических технологических процессах часто используют большие резервуары, в которых осуществляется гидродинамическое перемешивание вещества (рис. 13). Необходимо найти глубину центральной воронки при стационарном движении жидкости в резервуаре как функцию угловой скорости мешалки Ω . Диаметры резервуара и мешалки велики и равны D и d соответственно. Предполагается поставить модельные опыты в геометрически подобном сосуде меньших размеров. Необходимо определить условия, при которых следует проводить модельные испытания, чтобы правильно предсказать результаты для натуре.

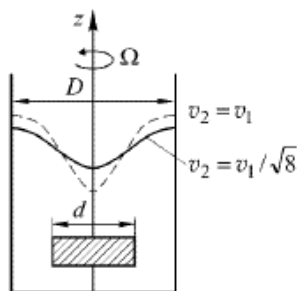


Рис. 13. Центральная воронка в сосуде с мешалкой

Задача 3. Поток идеальной несжимаемой жидкости обтекает шар радиуса R со скоростью v . Давление жидкости вдали от шара равно нулю, а давление в критической точке равно p . Используя анализ размерностей, исследовать зависимость давления p от скорости v и определить силу лобового сопротивления F .

Задача 4. В теориях кипения жидкости и кавитации представляет интерес время схлопывания образовавшегося воздушного пузырька в объеме жидкости. Пусть начальный радиус пузырька равен R_0 . Давление жидкости на бесконечности равно p_∞ . Определите время τ , в течение которого образовавшаяся сферическая полость заполняется жидкостью. Никаких других сил к жидкости не приложено. Жидкость считать несжимаемой. Давлением газа в пузырьке пренебречь.

Задача 5. Методом анализа размерностей определить скорость звука в упругой среде как функцию плотности ρ и модуля Юнга E .

Задания для контрольной работы по темам

Раскройте подробное содержание одного из следующих вопросов:

1. Подобие физических явлений. Анализ размерностей и П-теорема.
2. Числа газодинамического подобия.
3. Моделирование движения жидкости и газа.
4. Приближенное подобие и моделирование.

Раздел 5. Тема 5.1. Турбулентность. Ламинарное и турбулентное течение

Перечень вопросов для устного опроса по теме «Турбулентность»

1. Каковы особенности ламинарного и турбулентного течения?
2. В чем причины турбулизации течения?
3. Что такое критическая скорость и критическое число Рейнольдса?
4. Что такое однородная турбулентность?
5. Что такое изотропная турбулентность?
6. Какое равновесие называют устойчивым, неустойчивым, асимптотически устойчивым и безразличным? Приведите примеры.
7. Что является критерием устойчивости течения жидкости в линейной теории возмущений?
8. В каких случаях цилиндрическое течение Куэтта будет устойчивым и неустойчивым: a — цилиндры вращаются в разные стороны, b — цилиндры вращаются в одну сторону, c — вращается только внешний цилиндр, d — вращается только внутренний цилиндр?
9. Жидкость находится между соосными цилиндрами с радиусами R_1 и R_2 , вращающимися в одну сторону. Угловая скорость внутреннего цилиндра равна ω_1 . При какой угловой скорости внешнего цилиндра ω_2 произойдет потеря устойчивости течения Куэтта?
10. В чем смысл нейтральной кривой на плоскости k — Re для течения Пуазейля?
11. Что такое фазовое пространство? Фазовая точка? Фазовая траектория? Фазовый портрет? Поясните на примере колебаний математического маятника.
12. Что такое аттрактор? Какому состоянию системы соответствует точечный аттрактор?

13. Какой процесс описывает уравнение Ван дер Поля?
14. Какое состояние системы описывается аттрактором, который называют предельным циклом?
15. Что называют бифуркацией? Что такое бифуркация Хопфа?
16. В чем состоит основная идея перехода к турбулентности по сценарию Ландау-Хопфа?
17. Что такое странный аттрактор? Приведите пример.
18. В чем суть сценария Рюэля-Тakensа?
19. В чем суть сценария Фейгенбаума?
20. Что характеризуют осредненные и пульсационные гидродинамические величины?
21. В чем отличие уравнения Рейнольдса от уравнения Навье-Стокса?
22. Как вводится турбулентная вязкость? Как оценивается ее величина относительно молекулярной вязкости?
23. В чем состоит модель Прандтля для турбулентных напряжений? Что такое длина пути перемешивания?
24. Как строится цепочка моментных уравнений по методу Фридмана? В чем состоит проблема замыкания этой системы уравнений?
25. Что такое развитая турбулентность?
26. Что понимают под масштабом пульсаций?
27. Как происходит диссипация энергии жидкости в режиме развитой турбулентности?
28. В чем состоит закон Колмогорова-Обухова?
29. Как оценить масштаб самых мелких пульсаций?

Вопросы для самостоятельной работы:

Ламинарное и турбулентное течение. Устойчивость стационарного движения жидкости. Устойчивость движения жидкости между коаксиальными цилиндрами. Устойчивость движения в канале. Сценарии зарождения турбулентности. Уравнения Рейнольдса. Теории Прандтля, Кармана и Дайслера. Цепочка уравнений Фридмана. Турбулентное движение жидкости в трубах. Развитая турбулентность.

Задания для практических занятий по теме «Турбулентность»

Задача 1. Имеется установившееся равномерное турбулентное течение жидкости в направлении оси x между параллельными горизонтальными стенками, перпендикулярными оси y . Определите:

- а) распределение осредненного давления в плоскости, перпендикулярной направлению течения;
- б) турбулентные касательные напряжения T_{xy} .

Задача 2. Найдите осредненное по времени распределение скоростей для турбулентного потока в длинной трубе (вдали от стенки), используя гипотезу Прандтля и понятие длины пути перемешивания. Радиус и длина трубы соответственно равны R и L .

Задача 3. Применяя эмпирическую формулу Дайслера,

$$T_{xy} = -\rho n^2 u y \left[1 - \exp\left(-\frac{n^2 u y}{\nu}\right) \right] \frac{du}{dy},$$

рассчитайте профиль скорости в ламинарном подслое и в буферной области при турбулентном течении несжимаемой жидкости в трубе.

Задача 4. Определите соотношение между молекулярной и турбулентной вязкостями в точке $r = 0,5R$ при турбулентном течении воды с постоянной скоростью в длинной гладкой трубе радиуса $R = 7,62$ см. Касательное напряжение на стенке трубы равно $\tau_0 = 1,63 \cdot 10^4$ Па, плотность воды $\rho = 10^3$ кг/м³, кинематическая вязкость воды $\nu = 10^{-6}$ м²/с.

Задания для контрольной работы по темам

Раскройте подробное содержание одного из следующих вопросов:

1. Возникновение турбулентности. Скорость, энергия и условия неразрывности при турбулентном течении. Турбулентные касательные напряжения и турбулентная вязкость.
2. Уравнение Рейнольдса и сопутствующие уравнения.
3. Простые алгебраические модели. Модели с одним обыкновенным дифференциальным уравнением и модели с одним уравнением переноса.
4. Модели с двумя уравнениями. Другие методы расчета турбулентности.

Раздел 6. Тема 6.1. Пограничный слой.

Перечень вопросов для устного опроса по теме «Пограничный слой»

1. Какое свойство жидкости определяет ее течение в пограничном слое?
2. Что является критерием при определении положения верхней границы пограничного слоя?
3. Каковы причины турбулизации пограничного слоя?
4. Как изменяется толщина пограничного слоя при увеличении числа Рейнольдса?
5. Во сколько раз увеличится или уменьшится сила, действующая на пластинку со стороны жидкости, которая движется вдоль поверхности этой пластинки, если скорость жидкости увеличить в 4 раза?
6. Как различается толщина пограничного слоя на полубесконечной пластинке в точках с координатами $x = 1$ см и $x = 4$ см?
7. Что называют толщиной вытеснения? В чем смысл этой величины?
8. Как изменится длина разгонного участка, если скорость течения жидкости в трубе увеличить в два раза?
9. В двух одинаковых трубках с одинаковыми скоростями движутся жидкости с разными вязкостями, причем коэффициент вязкости жидкости в первой трубке больше. В какой трубке больше длина разгонного участка?
10. Что такое миделево сечение?
11. Как изменяются скорость и давление жидкости в пограничном слое вниз по потоку до миделева сечения и после него?
12. Какой критерий используют для определения точки отрыва пограничного слоя?
13. Как изменяется число Рейнольдса вниз по течению жидкости вдоль плоского пограничного слоя?
14. Как изменяется сила сопротивления при отрыве пограничного слоя?
15. Что называют кризисом сопротивления?

Вопросы для самостоятельной работы:

Понятие пограничного слоя. Уравнения Прандтля. Обтекание полубесконечной пластины. Интегральное соотношение Кармана. Отрыв пограничного слоя. Турбулентный пограничный слой.

Задания для практических занятий по теме «Пограничный слой»

Задача 1. Определите динамику нарастания толщины пограничного слоя вблизи бесконечной пластинки, которая внезапно приведена в движение со скоростью v в плоскости расположения пластинки. Вычислите силу, действующую на единицу площади пластинки со стороны вязкой жидкости, и толщину вытеснения.

Задача 2. Оцените толщину пограничного слоя вблизи критической точки у обтекаемого вязкой жидкостью кругового цилиндра радиуса R . Скорость набегающего потока равна v_∞ .

Тема 6.2. Газовая динамика

Перечень вопросов для устного опроса по теме «Газовая динамика»

1. Что называют температурой торможения газового потока?
2. При каком условии скорость истечения газа из сосуда будет максимальной?
3. Какую скорость движения газа называют критической?
4. Как изменяются максимальная и критическая скорости при изменении температуры газа?
5. Как изменяются площадь сечения трубки тока и плотность потока при увеличении скорости газа в случае: а) дозвукового движения газа? б) сверхзвукового движения газа?
6. Что представляет собой устройство, называемое соплом Лаваля? Каково назначение сопла?
7. Как будут изменяться давление, плотность и температура газа на срезе сужающегося насадка в случае уменьшения давления на выходе при истечении газа из большого резервуара через этот насадок?
8. Что характеризует угол Маха? Как его величина зависит от числа Маха?
9. Что такое поверхность разрыва?
10. Что называют прямой ударной волной и прямым скачком уплотнения?
11. Как изменяются скорость, энтропия, давление, плотность и температура в газе, прошедшем прямую ударную волну?
12. В каком случае ударные волны называют косыми?
13. Какие величины связывает между собой уравнение ударной волны, если скорость движения газа и скорость звука до ударной волны заданы?
14. При каком условии угол поворота потока в косой ударной волне будет максимальным?
15. При каком условии образуется отсоединенная ударная волна (на примере обтекания клина)?
16. Как изменяются давление, плотность, температура, скорость звука и скорость движения газа в волне разрежения?
17. Проанализируйте качественно характер движения газа при обтекании тупого угла сверхзвуковым потоком.
18. Как соотносятся между собой углы отражения и падения при отражении косой ударной волны от стенки?
19. Что происходит с ударной волной и волной разрежения после отражения от тангенциального разрыва?

Вопросы для самостоятельной работы:

Скорость звука. Параметры газа в заторможенном потоке. Стационарный одномерный поток сжимаемого газа. Истечение газа из резервуара через сужающийся насадок. Ударные волны и скачки уплотнения. Ударная адиабата (адиабата Гюгонио). Ударные волны слабой интенсивности. Косая ударная волна. Волна разрежения. Пересечение ударных волн и волн разрежения.

Задания для практических занятий по теме «Газовая динамика»

Задача 1. Вычислите скорость звука в воздухе ($\gamma = 1,4$) при температуре 0°C , -50°C и $+15^\circ\text{C}$. Удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении равна $c_p = 1,006 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$.

Задача 2. Тело с затупленным носом летит в воздухе ($\gamma = 1,4$) со скоростью, равной $1,5 c$; $2,0 c$; $3,0 c$; $5,0 c$ и $10 c$, где c — скорость звука. Перед головной частью тела образуется отсоединенная ударная волна. Давление и температура воздуха равны $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $T = 288 \text{ К}$.

1. Вычислите давление и температуру торможения невозмущенного потока.
2. Какие значения имеют давление и температура на оси симметрии непосредственно за головной волной при заданном числе M набегающего потока?
3. Вычислите давление и температуру в передней критической точке.
4. Какое давление измеряет трубка Пито, находящаяся в потоке перед головной волной?

Задача 3. Самолет летит на высоте 1000 м , где температура воздуха $8,5^\circ\text{C}$, и на высоте 10000 м , где температура воздуха — $50,0^\circ\text{C}$, со скоростью 1000 км/ч . Чему равна температура в критической точке на носу самолета? На сколько повысится эта температура при скорости самолета 2000 км/ч ? Молярная масса и показатель адиабаты воздуха имеют соответственно следующие значения: $p = 0,029 \text{ кг/моль}$, $\gamma = 1,4$.

Задача 4. Параметры газа до ударной волны p_1 , ρ_1 , v_1 , T_1 и после ударной волны p_2 , ρ_2 , v_2 , T_2 заданы. Определите скорость распространения ударной волны u .

Задача 5. В закрытом с одного конца цилиндре находится газ. С другого конца цилиндра начинает двигаться поршень со скоростью U , сжимая газ (рис. 14). В момент начала движения впереди поршня через покоящийся газ с параметрами $p_2, \rho_2, v_2 = 0$ перемещается ударная волна со скоростью u (рис. 14а). Скорость газа в области между поршнем и ударной волной можно считать равной скорости поршня, т. е. $v_1 = U$. Определите параметры газа до ударной волны p_1 , ρ_1 , скорость прямой ударной волны u , скорость отраженной ударной волны u_3 и давление газа на стенку от падающей ударной волны p_3 (рис. 14 б).

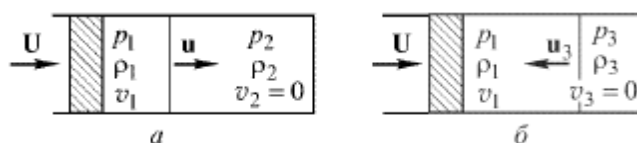


Рис. 14. Ударная волна в цилиндре при движении поршня

Задания для контрольной работы по темам:

Раскройте подробное содержание одного из следующих вопросов:

1. Уравнения движения в пограничном слое. Характерные толщины пограничного слоя.

2. Решение Блазиуса для ламинарного пограничного слоя.
3. Отрыв пограничного слоя. Приближенные методы анализа установившихся пограничных слоев.
4. Ударное сжатие газа. Адиабата Гюгонио.
5. Параметры ударных волн при их сложении.
6. Ударные волны в плотных средах.
7. Распространение сферической ударной волны в воде.
8. Гидродинамическая теория детонационной волны.

Проведение промежуточной аттестации

Вопросы к зачету по темам раздела 1:

1. Переменные Лагранжа и Эйлера.
2. Какие деформации называются упругими?
3. Что характеризует относительная деформация?
4. В чем физический смысл тензора поворота?
5. Что характеризуют диагональные и недиагональные компоненты тензора деформации?
6. Как определяется относительное изменение объема при сжатии?
7. Какие силы называют объемными и какие поверхностными?

Вопросы к зачету по темам раздела 2:

1. Какие силы называют объемными и какие поверхностными?
2. Каков физический смысл компонент тензора напряжений?
3. Как записывается тензор напряжений при всестороннем равномерном сжатии?
4. Какие силы дают вклад в результирующую силу, действующую на выделенный объем деформируемого тела?
5. Для каких деформаций справедлив первый закон термодинамики?
6. Почему модули всестороннего сжатия и сдвига неотрицательны?
7. В каком процессе модуль всестороннего сжатия больше, в изотермическом или адиабатическом? Обоснуйте.
8. Что представляют собой граничные условия первого и второго рода к сравнению равновесия изотропного деформированного тела?
9. В чем принципиальное отличие между субстанциональным и локальным описанием движения сплошной среды?

Вопросы к зачету по темам раздела 3:

1. Что представляет собой модель идеальной жидкости? Какова область применимости этой модели?
2. Перечислите уравнения, составляющие замкнутую систему уравнений движения идеальной жидкости.
3. В чем состоит граничное условие к уравнению Эйлера?
4. Какое движение жидкости называют изэнтропическим? Согласно уравнению (5.6) энтропия индивидуальных частиц идеальной жидкости не изменяется с течением времени. Значит ли это, что движение идеальной жидкости всегда изэнтропическое?
5. Какую жидкость называют несжимаемой? В чем состоит критерий несжимаемости?
6. Какое движение идеальной жидкости называют потенциальным?
7. Что такое линия тока и траектория?
8. Что называют трубкой тока? В чем состоит ее замечательное свойство?
9. В чем отличие уравнения Бернулли для потенциальных и непотенциальных движений идеальной жидкости?
10. Что такое кавитация? Объясните это явление на основе уравнения Бернулли.
11. Какое движение идеальной жидкости называют баротропным? Приведите примеры.
12. Сформулируйте теорему Томсона о сохранении циркуляции скорости жидкости. Укажите область ее применимости.
13. Что такое вихревая линия и вихревая трубка?
14. Сформулируйте теорему Гельмгольца об интенсивности вихревой трубки и ее следствие.
15. Чему равна циркуляция скорости при потенциальном движении идеальной жидкости?
16. Что такое лобовое сопротивление и подъемная сила?
17. В чем состоит парадокс Даламбера?
18. В чем состоит эффект Магнуса? Объясните на основе уравнения Бернулли.
19. Что такое присоединенная масса при движении тел в идеальной жидкости?
20. Перечислите уравнения, составляющие замкнутую систему уравнений вязкой жидкости?
21. В чем состоят граничные условия к уравнению Навье-Стокса? Рассмотрите поверхность твердого тела, границу раздела двух несмешивающихся жидкостей и свободную поверхность жидкости.
22. Что такое диссипация кинетической энергии вязкой жидкости? В какой области движущейся жидкости диссипация энергии наиболее существенна?
23. Покажите на графике качественную зависимость интенсивности плоского вихря от времени.
24. Что такое массовый и объемный расход жидкости?
25. Как измерить коэффициент вязкости, используя закон Пуазейля о движении жидкости в трубке? То же, используя закон Стокса о движении шарика в жидкости.
26. Как коэффициент вязкости газов и жидкостей зависит от температуры?
27. Что такое число Рейнольдса? Запишите формулу и поясните физический смысл.
28. В каком случае можно пренебречь нелинейным членом $(\mathbf{v}\nabla)\mathbf{v}$ в уравнении Навье-Стокса?
29. Покажите, что если линии тока параллельны, то $(\mathbf{v}\nabla)\mathbf{v} = 0$.
30. Шарик равномерно движется в жидкости вдоль направления силы тяжести. Как скорость шарика зависит от его радиуса и вязкости жидкости?
31. Какие жидкости называют ньютоновскими?

Вопросы к зачету по темам раздела 4:

1. Что представляет собой моделирование? Каковы его цели?
2. Каково назначение аэродинамической трубы? Какие основные требования предъявляются к аэродинамическим трубам?
3. В чем состоит предназначение метода подобия в гидроаэродинамике?
4. Какие потоки называют подобными?

5. Как выводятся критерии подобия течений вязкой жидкости?
6. Поясните физический смысл чисел Маха, Рейнольдса, Фруда и Струхала.
7. Что такое геометрическое и динамическое подобие двух потоков жидкости?
8. Обязательно ли динамически подобные потоки должны быть геометрически подобными и наоборот?
9. Какие тела называются геометрически подобными?
10. Что дает анализ размерностей физических явлений?
11. Что такое мера физической величины? Чем определяется масштаб меры?
12. Какие физические величины называют основными и производными?
13. Что называют размерностью физической величины?
14. Какие величины являются основными в гидродинамике?
15. Что такое определяющие параметры?
16. Сколько безразмерных комбинаций можно составить из N определяющих параметров, если p из них являются основными?
17. Как построить уравнение размерности?
18. Как получить уравнения для показателей размерностей?
19. Как выбрать определяющие параметры и основные величины?

Вопросы к зачету по темам раздела 5:

1. Каковы особенности ламинарного и турбулентного течения?
2. В чем причины турбулизации течения?
3. Что такое критическая скорость и критическое число Рейнольдса?
4. Что такое однородная турбулентность?
5. Что такое изотропная турбулентность?
6. Какое равновесие называют устойчивым, неустойчивым, асимптотически устойчивым и безразличным? Приведите примеры.
7. Что является критерием устойчивости течения жидкости в линейной теории возмущений?
8. В каких случаях цилиндрическое течение Куэтта будет устойчивым и неустойчивым: a — цилиндры вращаются в разные стороны, b — цилиндры вращаются в одну сторону, v — вращается только внешний цилиндр, z — вращается только внутренний цилиндр?
9. Жидкость находится между соосными цилиндрами с радиусами R_1 и R_2 , вращающимися в одну сторону. Угловая скорость внутреннего цилиндра равна ω_1 . При какой угловой скорости внешнего цилиндра ω_2 произойдет потеря устойчивости течения Куэтта?
10. В чем смысл нейтральной кривой на плоскости k — Re для течения Пуазейля?
11. Что такое фазовое пространство? Фазовая точка? Фазовая траектория? Фазовый портрет? Поясните на примере колебаний математического маятника.
12. Что такое аттрактор? Какому состоянию системы соответствует точечный аттрактор?
13. Какой процесс описывает уравнение Ван дер Поля?
14. Какое состояние системы описывается аттрактором, который называют предельным циклом?
15. Что называют бифуркацией? Что такое бифуркация Хопфа?
16. В чем состоит основная идея перехода к турбулентности по сценарию Ландау-Хопфа?
17. Что такое странный аттрактор? Приведите пример.
18. В чем суть сценария Рюэля-Тakensа?
19. В чем суть сценария Фейгенбаума?
20. Что характеризуют осредненные и пульсационные гидродинамические величины?
21. В чем отличие уравнения Рейнольдса от уравнения Навье-Стокса?
22. Как вводится турбулентная вязкость? Как оценивается ее величина относительно молекулярной вязкости?
23. В чем состоит модель Прандтля для турбулентных напряжений? Что такое длина пути перемешивания?
24. Как строится цепочка моментных уравнений по методу Фридмана? В чем состоит проблема замыкания этой системы уравнений?
25. Что такое развитая турбулентность?
26. Что понимают под масштабом пульсаций?
27. Как происходит диссипация энергии жидкости в режиме развитой турбулентности?
28. В чем состоит закон Колмогорова-Обухова?
29. Как оценить масштаб самых мелких пульсаций?

Вопросы для подготовки к кандидатскому экзамену

1. Переменные Лагранжа и Эйлера. Переход от переменных Лагранжа к переменным Эйлера и обратно
2. Какие деформации называются упругими? Что характеризует относительная деформация?
3. В чем физический смысл тензора поворота?
4. Что характеризуют диагональные и недиагональные компоненты тензора деформации?
5. Как определяется относительное изменение объема при сжатии?
6. Какие силы называют объемными и какие поверхностными?
7. Каков физический смысл компонент тензора напряжений?
8. Как записывается тензор напряжений при всестороннем равномерном сжатии?
9. Какие силы дают вклад в результирующую силу, действующую на выделенный объем деформируемого тела?
10. Для каких деформаций справедлив первый закон термодинамики?
11. Почему модули всестороннего сжатия и сдвига неотрицательны?
12. В каком процессе модуль всестороннего сжатия больше, в изотермическом или адиабатическом? Обоснуйте.
13. Что представляют собой граничные условия первого и второго рода к сравнению равновесия изотропного деформированного тела?
14. В чем принципиальное отличие между субстанциональным и локальным описанием движения сплошной среды?
15. Что представляет собой модель идеальной жидкости? Какова область применимости этой модели?
16. Перечислите уравнения, составляющие замкнутую систему уравнений движения идеальной жидкости.

17. В чем состоит граничное условие к уравнению Эйлера?
18. Какое движение жидкости называют изэнтропическим? Согласно уравнению (5.6) энтропия индивидуальных частиц идеальной жидкости не изменяется с течением времени. Значит ли это, что движение идеальной жидкости всегда изэнтропическое?
19. Какую жидкость называют несжимаемой? В чем состоит критерий несжимаемости?
20. Какое движение идеальной жидкости называют потенциальным?
21. Что такое линия тока и траектория?
22. Что называют трубкой тока? В чем состоит ее замечательное свойство?
23. В чем отличие уравнения Бернулли для потенциальных и непотенциальных движений идеальной жидкости?
24. Что такое кавитация? Объясните это явление на основе уравнения Бернулли.
25. Какое движение идеальной жидкости называют баротропным? Приведите примеры.
26. Сформулируйте теорему Томсона о сохранении циркуляции скорости жидкости. Укажите область ее применимости.
27. Что такое вихревая линия и вихревая трубка?
28. Сформулируйте теорему Гельмгольца об интенсивности вихревой трубки и ее следствие.
29. Чему равна циркуляция скорости при потенциальном движении идеальной жидкости?
30. Что такое лобовое сопротивление и подъемная сила?
31. В чем состоит парадокс Даламбера?
32. В чем состоит эффект Магнуса? Объясните на основе уравнения Бернулли.
33. Что такое присоединенная масса при движении тел в идеальной жидкости?
34. Перечислите уравнения, составляющие замкнутую систему уравнений движения вязкой жидкости?
35. В чем состоят граничные условия к уравнению Навье-Стокса? Рассмотрите поверхность твердого тела, границу раздела двух несмешивающихся жидкостей и свободную поверхность жидкости.
36. Что такое диссипация кинетической энергии вязкой жидкости? В какой области движущейся жидкости диссипация энергии наиболее существенна?
37. Покажите на графике качественную зависимость интенсивности плоского вихря от времени.
38. Что такое массовый и объемный расход жидкости?
39. Как измерить коэффициент вязкости, используя закон Пуазейля о движении жидкости в трубке? То же, используя закон Стокса о движении шарика в жидкости.
40. Как коэффициент вязкости газов и жидкостей зависит от температуры?
41. Что такое число Рейнольдса? Запишите формулу и поясните физический смысл.
42. В каком случае можно пренебречь нелинейным членом $(\mathbf{v}\nabla)\mathbf{v}$ в уравнении Навье-Стокса?
43. Покажите, что если линии тока параллельны, то $(\mathbf{v}\nabla)\mathbf{v} = 0$.
44. Шарик равномерно движется в жидкости вдоль направления силы тяжести. Как скорость шарика зависит от его радиуса и вязкости жидкости?
45. Какие жидкости называют ньютоновскими?
46. Что представляет собой моделирование? Каковы его цели?
47. Каково назначение аэродинамической трубы? Какие основные требования предъявляются к аэродинамическим трубам?
48. В чем состоит предназначение метода подобия в гидроаэродинамике?
49. Какие потоки называют подобными?
50. Как выводятся критерии подобия течений вязкой жидкости?
51. Поясните физический смысл чисел Маха, Рейнольдса, Фруда и Струха-ла.
52. Что такое геометрическое и динамическое подобие двух потоков жидкости?
53. Обязательно ли динамически подобные потоки должны быть геометрически подобными и наоборот?
54. Какие тела называются геометрически подобными?
55. Что дает анализ размерностей физических явлений?
56. Что такое мера физической величины? Чем определяется масштаб меры?
57. Какие физические величины называют основными и производными?
58. Что называют размерностью физической величины?
59. Какие величины являются основными в гидродинамике?
60. Что такое определяющие параметры?
61. Сколько безразмерных комбинаций можно составить из N определяющих параметров, если p из них являются основными?
62. Как построить уравнение размерности?
63. Как получить уравнения для показателей размерностей?
64. Как выбрать определяющие параметры и основные величины?
65. Каковы особенности ламинарного и турбулентного течения?
66. В чем причины турбулизации течения?
67. Что такое критическая скорость и критическое число Рейнольдса?
68. Что такое однородная турбулентность?
69. Что такое изотропная турбулентность?
70. Какое равновесие называют устойчивым, неустойчивым, асимптотически устойчивым и безразличным? Приведите примеры.
71. Что является критерием устойчивости течения жидкости в линейной теории возмущений?
72. В каких случаях цилиндрическое течение Куэтта будет устойчивым и неустойчивым: a — цилиндры вращаются в разные стороны, b — цилиндры вращаются в одну сторону, c — вращается только внешний цилиндр, d — вращается только внутренний цилиндр?
73. Жидкость находится между соосными цилиндрами с радиусами R_1 и R_2 , вращающимися в одну сторону. Угловая скорость внутреннего цилиндра равна ω_1 . При какой угловой скорости внешнего цилиндра ω_2 произойдет потеря устойчивости течения Куэтта?
74. В чем смысл нейтральной кривой на плоскости k — Re для течения Пуазейля?

75. Что такое фазовое пространство? Фазовая точка? Фазовая траектория? Фазовый портрет? Поясните на примере колебаний математического маятника.
76. Что такое аттрактор? Какому состоянию системы соответствует точечный аттрактор?
77. Какой процесс описывает уравнение Ван дер Поля?
78. Какое состояние системы описывается аттрактором, который называют предельным циклом?
79. Что называют бифуркацией? Что такое бифуркация Хопфа?
80. В чем состоит основная идея перехода к турбулентности по сценарию Ландау-Хопфа?
81. Что такое странный аттрактор? Приведите пример.
82. В чем суть сценария Рюэля-Такенса?
83. В чем суть сценария Фейгенбаума?
84. Что характеризуют осредненные и пульсационные гидродинамические величины?
85. В чем отличие уравнения Рейнольдса от уравнения Навье-Стокса?
86. Как вводится турбулентная вязкость? Как оценивается ее величина относительно молекулярной вязкости?
87. В чем состоит модель Прандтля для турбулентных напряжений? Что такое длина пути перемешивания?
88. Как строится цепочка моментных уравнений по методу Фридмана? В чем состоит проблема замыкания этой системы уравнений?
89. Что такое развитая турбулентность?
90. Что понимают под масштабом пульсаций?
91. Как происходит диссипация энергии жидкости в режиме развитой турбулентности?
92. В чем состоит закон Колмогорова-Обухова?
93. Как оценить масштаб самых мелких пульсаций?

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество
ЛП.1	Ландау Л. Д.	Гидродинамика : учебное пособие	М. : Физматлит, 2001.	8
ЛП.2	Черняк В.Г., Суевин П.Е.	Механика сплошных сред	Москва: Физматлит, 2006, http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=47552	1
ЛП.3	Учайкин В. В.	Механика. Основы механики сплошных сред	Москва: Лань", 2016, http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=87596	1
ЛП.4	Андрижневский А. А.	Механика жидкости и газа: Учебное пособие	Минск: Вышэйшая школа, 2014, http://www.iprbookshop.ru/35498	1
ЛП.5	Зарянкин А.Е.	Основы физического моделирования, элементы теории размерностей и ее использование в задачах гидрогазодинамики: учебное пособие	Москва: МЭИ, 2019, https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013496.html	1
ЛП.6	Фалькович Г.	Современная гидродинамика	Москва, Ижевск: Институт компьютерных исследований, Регулярная и хаотическая динамика, 2019, http://www.iprbookshop.ru/92090.html	1
ЛП.7	Деменок С. Л., Высоцкий Л. И., и др.	Потенциальные течения жидкости в каналах: монография	Санкт-Петербург: Страта, 2018, http://www.iprbookshop.ru/88776.html	1
ЛП.8	Алексеев Г. В., Бондарева М. В., и др.	Механика жидкости и газа. Виртуальный лабораторный практикум: учебное пособие для вузов	Москва: Юрайт, 2024, https://urait.ru/bcode/541415	1

6.2. Электронно-библиотечные системы

Э1	ЭБС Znanium.ru http://new.znanium.ru/
Э2	ЭБС «Лань» http://e.lanbook.com/
Э3	ЭБС IPR SMART (IPRbooks) http://www.iprbookshop.ru/
Э4	ЭБС «Юрайт» https://urait.ru/
Э5	ЭБС «Консультант студента» https://www.studentlibrary.ru/

6.3. Информационные, информационно-справочные системы

6.3.1	Гарант – справочная правовая система по законодательству Российской Федерации http://www.garant.ru https://biblio.surgu.ru/ru/pages/resursi/bd/lan/grt/
6.3.2	КонсультантПлюс – справочная правовая система http://www.consultant.ru https://biblio.surgu.ru/ru/pages/resursi/bd/lan/cons/

6.4. Профессиональные базы данных

В локальной сети <https://biblio.surgu.ru/ru/pages/resursi/bd/lan/>

6.4.1.	Электронная библиотека СурГУ https://elib.surgu.ru
6.4.2.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU http://www.elibrary.ru
6.4.3.	Евразийская патентная информационная система (ЕАПАТИС) http://www.eapatis.com
6.4.4.	Виртуальный читальный зал Российской государственной библиотеки (ВЧЗ РГБ) https://ldiss.rsl.ru
6.4.5.	Национальная электронная библиотека (НЭБ) https://rusneb.ru/
6.4.6.	Архив научных журналов (NEICON) http://archive.neicon.ru
6.4.7.	Springer Nature https://link.springer.com/
6.4.8.	Полнотекстовая коллекция журналов РАН https://journals.rcsi.science/
6.4.9.	Wiley Journals Database https://onlinelibrary.wiley.com
6.4.10.	База данных периодических изданий «ИВИС» https://eivis.ru
6.4.11.	Math-Net.Ru https://biblio.surgu.ru/ru/pages/resursi/bd/lan/math/
<i>В свободном доступе сети Интернет</i>	
6.4.12.	База данных ВИНТИ РАН http://bd.viniti.ru/
6.4.13.	Национальный агрегатор открытых репозиторий https://www.openrepository.ru/repositories
6.4.14.	КиберЛенинка - научная электронная библиотека http://cyberleninka.ru/
6.4.15.	Электронные коллекции на портале Президентской библиотеки им. Б. Н. Ельцина http://www.prilib.ru/collections
6.4.16.	Российская национальная библиотека https://primo.nl.ru/primo-explore/collectionDiscovery?vid=07NLR_VU1&lang=ru_RU
6.4.17.	Elsevier - Open Archive https://www.elsevier.com/about/open-science/open-access/open-archive
6.4.18.	SpringerOpen http://www.springeropen.com
6.4.19.	Directory of Open Access Journals https://doaj.org
6.4.20.	Multidisciplinary Digital Publishing Institute (Basel, Switzerland) http://www.mdpi.com
6.4.21.	Библиотека электронных журналов в г. Регенсбург (Германия) http://www.bibliothek.uni-regensburg.de/ezeit/
7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
7.1	Учебные аудитории Университета для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащены: комплект специализированной учебной мебели, маркерная (меловая) доска, комплект переносного мультимедийного оборудования - компьютер, проектор, проекционный экран, компьютеры с возможностью выхода в Интернет и доступом в электронную информационно-образовательную среду.
7.2	Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационную образовательную среду СурГУ:
	350, 351 Зал социально-гуманитарной и художественной литературы
	442 Зал естественно-научной и технической литературы.
8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
Проведение текущего контроля успеваемости по дисциплине Методические рекомендации по проведению основных видов учебных занятий При изучении дисциплины используются следующие основные методы и средства обучения, направленные на повышение качества подготовки аспирантов путем развития у аспирантов творческих способностей и самостоятельности: - Контекстное обучение – мотивация аспирантов к усвоению знаний путем выявления связей между конкретными знаниями и его применением. - Проблемное обучение – стимулирование аспирантов к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы. - Обучение на основе опыта – активизация познавательной деятельности аспиранта за счет ассоциации и собственного опыта с предметом изучения. - Индивидуальное обучение – выстраивание аспирантами собственной образовательной траектории на основе формирования индивидуальной программы с учетом интересов аспирантов. Междисциплинарное обучение – использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте решаемой задачи. Лекции являются одним из основных методов обучения по дисциплинам, направленным на подготовку к кандидатскому экзамену, которые должны решать следующие задачи: - изложить основной материал программы курса; - развить у аспирантов потребность к самостоятельной работе над учебником и научной литературой. Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее основных положений. Содержание лекций определяется рабочей программой курса. Привлечение графического и табличного материала на лекции позволит более объемно изложить материал. Целью практических занятий является: -закрепление теоретического материала, рассмотренного аспирантами самостоятельно; -проверка уровня понимания аспирантами вопросов, рассмотренных самостоятельно по учебной литературе, степени и качества усвоения материала аспирантами; -восполнение пробелов в пройденной теоретической части курса и оказание помощи в его усвоении.	

В начале очередного занятия необходимо сформулировать цель, поставить задачи. Аспирант выполняет задания, а преподаватель контролирует ход их выполнения путем устного опроса, проверки практических заданий.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы аспирантов

Целью самостоятельной работы аспирантов является формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

Методические рекомендации призваны помочь аспирантам организовать самостоятельную работу при изучении курса: с материалами лекций, практических и семинарских занятий, литературы по общим и специальным вопросам физико-математических наук.

Задачами самостоятельной работы являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании научно- квалификационной работы, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется аспирантом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Основными видами самостоятельной работы аспиранта без участия преподавателя являются:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
- подготовка к практическим занятиям, их оформление;
- составление аннотированного списка статей из соответствующих журналов по темам занятий;
- выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплин и т.д.

Самостоятельная работа аспирантов осуществляется в следующих формах:

- подготовка к практическим занятиям,
- изучение дополнительной литературы и подготовка ответов на вопросы для самостоятельного изучения.

1) Подготовка к практическим занятиям.

При подготовке к практическим занятиям аспирантам необходимо ориентироваться на вопросы, вынесенные на обсуждение. На занятиях проводятся опросы, тестирование, разбор конкретных ситуаций, с активным обсуждением вопросов с целью эффективного усвоения материала в рамках предложенной темы, выработки умений и навыков в профессиональной деятельности, а также в области ведения переговоров, дискуссий, обмена информацией, грамотной постановки задач, формулирования проблем, обоснованных предложений по их решению и аргументированных выводов.

2) Изучение рекомендованной литературы при подготовке к практическим занятиям.

В целях эффективного и полноценного проведения таких мероприятий аспиранты должны тщательно подготовиться к вопросам занятия. Поощряется и положительно оценивается, если аспирант самостоятельно организует поиск необходимой информации с использованием периодических изданий, информационных ресурсов сети интернет и баз данных специальных программных продуктов.

Самостоятельная работа аспирантов должна опираться на сформированные навыки и умения, приобретенные во время прохождения других курсов. Составляющим компонентом его работы должно стать творчество. В связи с этим рекомендуется:

1. Начинать подготовку к занятию со знакомства с опубликованными законодательно-правовыми документами.
2. Обратит внимание на структуру, композицию, язык документа, время и историю его появления.
3. Определить основные идеи, принципы, тезисы, заложенные в документ.
4. Выяснить, какой сюжет, часть изучаемой проблемы позволяет осветить проанализированный источник.
5. Провести работу с незнакомыми терминами и понятиями, для чего использовать словари терминов, энциклопедические словари, словари иностранных слов и др.

Затем необходимо ознакомиться с библиографией темы и вопроса, выбрать доступные издания из списка основной литературы, рекомендованной к лекциям и семинарам. Рекомендованные списки могут быть дополнены. Использовать справочную литературу. Поиск можно продолжить, изучив примечания и сноски в уже имеющихся монографиях, статьях. Работая с литературой по теме семинара, делать выписки текста, содержащего характеристику или комментариев знакомого источника. После чего необходимо вернуться к тексту документа (желательно полному) и провести его анализ в контексте изученной исследовательской литературы.

Возникающие на каждом этапе работы мысли следует записывать. Анализ документа следует сделать составной частью проработки вопросов семинара и выступления аспиранта на занятии. Общее знание проблемы, обсуждаемой на занятии, должно сочетаться с глубоким знанием источников. Следует составить сложный план, схему ответа на каждый вопрос плана занятия.

Методические рекомендации по проведению контрольной работы

Контрольная работа по дисциплине является одной из основных форм самостоятельной работы аспирантов, направленной на углубление теоретических знаний, развитие аналитических навыков и умение применять научно-методический инструментарий при решении исследовательских задач.

Выполнение контрольной работы способствует:

- систематизации и закреплению теоретических знаний по дисциплине;

- развитию навыков самостоятельной исследовательской работы;
- формированию умений анализировать научные концепции и подходы;
- развитию критического мышления и способности формулировать обоснованные выводы;
- подготовке к написанию диссертационного исследования.

При подготовке к контрольной работе аспирант должен выполнить все текущие практические задания. На контрольной работе аспирант получает вопрос по определенной теме. Контрольная работа выполняется аспирантом в каждом семестре индивидуально.

Контрольная работа оценивается по следующим критериям:

1. Полнота и глубина теоретического анализа (30%)

- степень раскрытия темы
- использование современных научных источников
- качество систематизации теоретического материала

2. Качество методологического анализа (30%)

- обоснованность выбора методов
- корректность сравнительного анализа
- учет современных тенденций и подходов

3. Практическая значимость рекомендаций (25%)

- конкретность и обоснованность предложений
- реалистичность и применимость рекомендаций
- качество разработанной системы показателей

4. Оформление работы и качество представления материала (15%)

- логичность и структурированность изложения
- наличие иллюстративного материала (таблицы, схемы, диаграммы).

Проведение промежуточной аттестации по дисциплине

Методические рекомендации по подготовке к зачету

На зачете аспирант получает два теоретических вопроса. Зачет оценивается по двухбалльной шкале: «зачтено», «не зачтено».

Для успешной сдачи зачета аспиранту необходимо выполнить несколько требований:

- 1) регулярно посещать аудиторские занятия по дисциплине; пропуск занятий не допускается без уважительной причины;
- 2) в случае пропуска занятия аспирант должен быть готов ответить на зачете на вопросы преподавателя, взятые из пропущенной темы;
- 3) аспирант должен точно в срок сдавать письменные работы на проверку и к следующему занятию удостовериться, что они зачтены;
- 4) готовясь к очередному занятию по дисциплине, аспирант должен прочитать соответствующие разделы в учебниках, учебных пособиях, монографиях и пр., рекомендованных преподавателем в программе дисциплины, и быть готовым продемонстрировать свои знания; каждое участие аспиранта в обсуждении материала на практических занятиях отмечается преподавателем и учитывается при ответе на зачете.

Формой промежуточной аттестации освоения дисциплины является экзамен. Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются по 4-балльной шкале с оценками: «отлично»; «хорошо»; «удовлетворительно»; «неудовлетворительно».

Методические рекомендации по подготовке к кандидатскому экзамену

Организация и проведение кандидатских экзаменов в СурГУ регламентируется следующими документами: постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 «О порядке присуждения ученых степеней», приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.03.2014 г. №247 «Порядок прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечень», СТО-2.12.11 «Порядок проведения кандидатских экзаменов».

Кандидатский экзамен является формой промежуточной аттестации аспирантов и лиц, прикрепленных для сдачи кандидатских экзаменов без освоения основных профессиональных образовательных программ высшего образования подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, их сдача обязательна для присуждения ученой степени кандидата наук.

Кандидатский экзамен ставит целью установить глубину профессиональных знаний соискателя ученой степени кандидата физико-математических наук, уровень подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе.

К экзамену допускаются аспиранты, не имеющие задолженности по дисциплине на момент сдачи экзамена. Аспирант, не сдавший кандидатский экзамен по специальности, считается незавершившим обучение в аспирантуре.

Экзамен по специальности включает обсуждение двух теоретических вопросов и собеседование по теме диссертации (третий вопрос) в соответствии с программой кандидатского экзамена, утверждённой проректором по учебно-методической работе СурГУ.

Для успешной сдачи экзамена аспиранту необходимо выполнить несколько требований:

- 1) регулярно посещать аудиторские занятия по дисциплине; пропуск занятий не допускается без уважительной причины;
- 2) в случае пропуска занятия аспирант должен быть готов ответить на экзамене на вопросы преподавателя, взятые из пропущенной темы;
- 3) аспирант должен точно в срок сдавать письменные работы на проверку и к следующему занятию удостовериться, что они зачтены;
- 4) готовясь к очередному занятию по дисциплине, аспирант должен прочитать соответствующие разделы в учебниках, учебных пособиях, монографиях и пр., рекомендованных преподавателем в программе дисциплины, и быть готовым продемонстрировать свои знания; каждое участие аспиранта в обсуждении материала на практических занятиях отмечается преподавателем и учитывается при ответе на экзамене.