

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Пермский федеральный исследовательский центр
Уральского отделения
Российской академии наук

ПРИНЯТО НА ЗАСЕДАНИИ
Объединенного ученого совета
ПФИЦ УрО РАН
Протокол № 6
«02» сентября 2022 г.



ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

«МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ»

Специальность 1.1.9 Механика жидкости, газа и плазмы
(код и наименование)

Форма обучения: Очная

Курс: 3 Семестр(ы): 5

Трудоёмкость:
Часов по рабочему учебному плану: 108

Виды контроля:

Экзамен: 1 Зачёт: нет Курсовой проект: нет Курсовая работа: нет

Пермь 2022

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Механика жидкости, газа и плазмы» разработан на основании:

- Приказа Министерства науки и высшего образования РФ от 20 октября 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)»;
- рабочего учебного плана очной формы обучения по специальности: «Механика деформируемого твердого тела», основной образовательной программы аспирантуры (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденной протоколом №3 заседания Объединенного ученого совета ПФИЦ УрО РАН от «18» марта 2022 г.
- Положения о порядке разработки и утверждения программ аспирантуры Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (ПФИЦ УрО РАН) принятого на заседании Объединенного ученого совета ПФИЦ УрО РАН, протокол № 3 от 18.03.2022.
- Примерной программы кандидатского экзамена, утвержденной Министерством образования и науки Российской Федерации.

Разработчик

д.ф.-м.н., доцент
Зав. лабораторией
«ИМСС УрО РАН»



Мизёв А.И.

Рецензент:

д.ф.-м.н., профессор



Любимова Т.П.

1. Контролируемые результаты обучения

1.1 Описание курса «Механика жидкости, газа и плазмы», результаты обучения

Согласно профессиональной образовательной программе аспирантуры по специальности Механика жидкости, газа и плазмы (1.1.9), учебная дисциплина, относится к образовательному компоненту структуры программы аспирантуры и входит в число обязательных дисциплин, направленных на сдачу кандидатского экзамена образовательной программы по специальности: 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы.

«Механика жидкости, газа и плазмы» предназначена для формирования и развития у аспирантов знаний, умений, навыков в области решения задач механики сплошных сред, и смежных областей; овладение математическими моделями и методами решения нелинейных задач механики жидкости, газа и плазмы, позволяющими выпускнику успешно работать в различных областях профессиональной деятельности: научно-исследовательской, проектной и производственно-технологической с применением современных компьютерных технологий; изучение методов, применяемых для описания процессов и явлений, сопровождающих течения однородных и многофазных сред при механических, тепловых, электромагнитных и прочих воздействиях, а также происходящих при взаимодействии текучих сред с движущимися или неподвижными телами.

Курс «Механика жидкости, газа и плазмы» нацелен на подготовку и успешную сдачу кандидатского экзамена по специальности, а также на подготовку аспирантов к защите диссертации на соискание степени кандидата наук.

В процессе изучения дисциплины «Механика жидкости, газа и плазмы» аспирант формирует:

- Способность проводить научные исследования в области механики жидкости и газа, ставить и решать конкретные фундаментальные и прикладные задачи механики жидкости и газа;
- Способность использовать современные аналитические и численные методы моделирования ламинарных и турбулентных течений непроводящих, проводящих и магнитных жидкостей;
- Способность планировать, проводить и анализировать результаты экспериментальных исследований ламинарных и турбулентных течений непроводящих, проводящих и магнитных жидкостей.

1.2 Этапы формирования знаний по дисциплине.

Учебный материал дисциплины осваивается за 5-й семестр, в котором предусмотрены консультации и самостоятельная работа аспирантов. Уровень освоения дисциплины проверяется по результатам промежуточного и итогового контроля.

Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения дисциплине	Текущий контроль	Промежуточный контроль	Кандидатский экзамен
---	------------------	------------------------	----------------------

			(итоговый контроль)
Знать методологию, конкретные методы и приемы научно-исследовательской работы в области механики деформируемого твёрдого тела (основные современные теории процессов деформирования и разрушения, взаимодействия структуры материала и внешних полей различной природы и интенсивности, методы описания процессов деформирования, фазовых и структурно-кинетических переходов в материале)	УО	ТВ	ТВ
Знать методологию, конкретные методы и приемы решения краевых задач, встречающихся при исследовании проблем механики деформируемого твёрдого тела	УО	ТВ	ТВ
Знать методологию, конкретные методы и приемы анализа связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения	УО	ТВ	ТВ
Знать современные методы моделирования технологических проблем деформирования и разрушения, а также предупреждения недопустимых деформаций и трещин в конструкциях различного назначения	УО	ТВ	ТВ
Знать современные методы, приемы планирования эксперимента, обработки и интерпретации экспериментальных данных по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов	УО	ТВ	ТВ
Уметь ставить задачу и применять современные методы (численные, аналитические, экспериментальные) для решения задач в области механики деформируемого твёрдого тела с учётом эволюции структуры материала и внешних воздействий различной природы и интенсивности	ОТЗ	ПЗ	
Уметь ставить задачу и проводить численные и аналитические исследования краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях	ОТЗ	ПЗ	
Уметь применять теоретические знания по методам сбора, хранения, обработки и передачи информации	ОТЗ	ПЗ	

Уметь ставить и решать задачу о связи между изменением структуры материала и особенностями процесса деформирования и разрушения	ОТЗ	ПЗ	
Уметь ставить задачу и проводить анализ технологических проблем деформирования и разрушения, прогнозировать особенности возникновения и распространения трещин в конструкционных материалах	ОТЗ	ПЗ	
Уметь планировать проведение экспериментов, анализировать и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов	ОТЗ	ПЗ	
Владеть - методами решения задач и анализа проблем механики деформируемого твёрдого тела	ОТЗ	ПЗ	
Владеть методами самостоятельного анализа краевых задач для различных классов уравнений, практическими навыками и знаниями использования современных исследовательских и проектных технологий	ОТЗ	ПЗ	
Владеть методами самостоятельного анализа имеющейся информации (данных оптической, атомно-силовой и электронной микроскопии, результатов механических и физических экспериментов); практическими навыками и знаниями использования результатов современных исследований в области связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения	ОТЗ	ПЗ	
Владеть методами самостоятельного анализа имеющейся информации (лабораторных и натурных испытаний), практическими навыками и знаниями использования результатов современных исследований в области моделирования технологических проблем деформирования и разрушения	ОТЗ	ПЗ	
Владеть методами самостоятельного анализа имеющейся информации, практическими навыками и знаниями анализа и использования результатов экспериментальных данных по изучению	ОТЗ	ПЗ	

деформирования, повреждения и разрушения материалов			
---	--	--	--

УО - устный опрос; ТВ - теоретический вопрос; ОТЗ - отчет о творческом задании;

ПЗ - практическое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности.

Устный опрос - средство контроля, организованное для выяснения объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Творческое задание - выступление с подготовленным в ходе самостоятельной работы материалом на тему научно-исследовательской деятельности, позволяющее диагностировать умения интегрировать знания различных областей.

Итоговой оценкой результатов обучения по дисциплине является кандидатский экзамен по специальности, проводимый с учетом результатов текущего и промежуточного контроля.

2. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания

Используются различные формы оценочных средств текущего и промежуточного контроля. В качестве контролируемых результатов обучения в рамках освоения учебного материала дисциплины выступают знать, уметь, владеть.

2.1 Текущий контроль

Текущий контроль для комплексного оценивания показателей **знаний, умений и владений** проводится в форме собеседования или творческого задания.

– Устный опрос

Устный опрос – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с аспирантом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Устный опрос может выполняться в индивидуальном порядке или с группой аспирантов. Критерии и показатели оценивания собеседования отображены в шкале, представленной в Таблице.

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
Зачтено	Аспирант достаточно свободно использует фактический материал по заданному вопросу, умеет определять причинно-следственные связи событий, логично и грамотно, используя профессиональную терминологию, обосновывает свою точку зрения.
Не зачтено	Аспирант демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

– Защита отчёта о творческом задании

Для оценки *умений* и *владений* аспирантов используется творческое задание, предполагающее нестандартное решение, позволяющее аспирантам интегрировать знания из различных областей и аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов. Критерии оценивания защиты отчёта о творческом задании отображены в шкале, приведённой в Таблице.

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
Зачтено	Аспирант выполнил творческое задание успешно, показав в целом систематическое или сопровождающееся отдельными ошибками применение освоенных <i>умений</i> и <i>владений</i> . Аспирант ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Аспирант может объяснить полностью или частично полученные результаты.
Не зачтено	Аспирант допустил много ошибок или не выполнил творческое задание.

2.2 Промежуточный контроль

Допуск к промежуточному контролю осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточный контроль проводится в виде контрольных мероприятий в конце изучения дисциплины в виде собеседования (промежуточный контроль - одно контрольное мероприятие)

2.2.1 Шкалы оценивания результатов обучения в ходе промежуточного контроля

Оценка результатов обучения дисциплине в форме уровня сформированности знаний, умений, и навыков проводится по шкале оценивания «зачтено», «не зачтено» путем выборочного контроля во время контрольных мероприятий

Типовая шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче контрольного мероприятия приведена в Таблице.

Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений во время контрольного мероприятия

Оценка	Критерии оценивания
Зачтено	Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно. Аспирант выполнил практическое задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал отличные или сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных знаний и умений при решении профессиональных

	задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Не зачтено</i>	При собеседовании с преподавателем аспирант продемонстрировал фрагментарные знания. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов. При выполнении практического задания аспирант продемонстрировал частично освоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках учебного процесса. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

2.3 Итоговый контроль

Допуск к итоговому контролю осуществляется по результатам текущего и промежуточного контроля. Итоговый контроль по дисциплине проходит в форме кандидатского экзамена по специальности, в устно-письменной форме по билетам.

Экзамен сдаётся по программе кандидатского экзамена по дисциплине «Механика жидкости, газа и плазмы», утверждённой директором ПФИЦ УрО РАН и входит в промежуточную аттестацию по программе аспирантуры.

Кандидатский экзамен по специальности «Механика жидкости, газа и плазмы» оценивается по 5-балльной системе оценивания. Типовая шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче кандидатского экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть*.

Для сдачи кандидатского экзамена формируются и утверждаются билеты (Приложение 1 - пример типового билета). Билет содержит теоретический вопрос (ТВ) для проверки *знаний* и практические задания (ПЗ) для проверки *умений и владений*.

Критерии оценивания ответов на экзамене

При определении оценки учитывается грамотность предоставленных ответов, стиль изложения и способность ответить на поставленный вопрос по существу.

Ответы на вопросы оцениваются исходя из следующих критериев:

«Отлично» - содержание ответа исчерпывает содержание вопроса. Аспирант демонстрирует как понимание, так и знание вопроса, а также проявляет способность применить исследовательские и информационные компетенции на практике по профилю своего обучения.

«Хорошо» - содержание ответа в основных чертах отражает содержание вопроса. Аспирант демонстрирует как понимание, так и знание вопроса, но обнаруживает незначительные проблемы в проявлении способности применить исследовательские и информационные компетенции на практике по профилю своего обучения.

«Удовлетворительно» - содержание ответа в основных чертах отражает содержание вопроса, но допускаются ошибки. Не все положения вопроса раскрыты полностью. Имеются фактические пробелы и неполное владение информацией из учебной литературы. Нарушаются нормы разговорного языка, наблюдается нечеткость и двусмысленность устной речи. Слабая практическая применимость исследовательских и информационных компетенций по профилю своего обучения.

«Неудовлетворительно» - содержание ответа не отражает содержание вопроса. Имеются грубые ошибки, а также незнание ключевых определений и информации из учебной литературы. Ответ не носит характер развернутого изложения темы, наличие отсутствия практического применения исследовательских и информационных компетенций на практике по профилю своего обучения.

Критерии оценивания на кандидатском экзамене

Итоговая оценка	Критерии оценивания
5	Аспирант получил по дисциплине оценку «отлично»
4	Аспирант получил по дисциплине оценку «хорошо»
3	Аспирант получил по дисциплине оценку «удовлетворительно»
2	Аспирант получил по дисциплине оценку «неудовлетворительно»

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. Уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. Степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. Приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

Задания для оценивания когнитивных умений (знаний) должны предусматривать необходимость проведения аспирантом интеллектуальных действий:

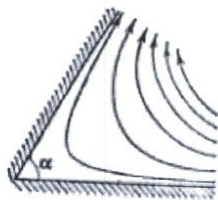
- по дифференциации информации на взаимозависимые части, выявлению взаимосвязей между ними и т.п.;
- по интерпретации и творческому усвоению информации из разных источников, ее системного структурирования;
- по комплексному использованию интеллектуальных инструментов учебной дисциплины для решения учебных и практических проблем.

При составлении заданий необходимо иметь в виду, что они должны носить практико-ориентированный комплексный характер.

4. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

4.1 Перечень тем творческих заданий для текущего контроля

1. Дано поле скоростей $v(r, t)$, написать дифференциальные уравнения линий тока.
2. Получить дифференциальные уравнения для вихревой линии в жидкости.
3. Найти зависимость давления идеального газа от высоты в поле тяжести, если температура газа изменяется по закону $T(z)$.
4. Цилиндрический сосуд с несжимаемой жидкостью вращается в поле тяжести с угловой скоростью Ω . Вычислить форму свободной поверхности.
5. Вычислить зависимость давления от расстояния до центра Земли, считая $\rho = \text{const}$, вращением Земли пренебречь.
6. Предложить такую зависимость площади сечения сосуда $S(z)$ от вертикальной координаты, чтобы при истечении жидкости из отверстия, скорость изменения ее уровня в сосуде $dz/dt = \text{const}$.
7. Вычислить присоединенную массу шара, движущегося с постоянным ускорением a в несжимаемой жидкости.
8. Поле скорости газа задано проекциями $u = \frac{x}{1+t}$, $v = \frac{2y}{1+t}$, $w = 0$. Найдите уравнение линии тока, а также траектории частицы, которая проходит в момент времени $t=0$ через точку пространства с координатами $x=2, y=4$.
9. Потенциал скорости плоского течения идеальной несжимаемой жидкости задан функцией $\phi = ax + by$. Определите компоненты скорости u и v и уравнение линии тока.
10. Вычислить поле скоростей при потенциальном течении внутри произвольного угла α .



11. Воздух течет по трубе, площадь поперечного сечения которой меняется по длине. В некотором сечении площадью F_1 число Маха $M_1=0,6$. В другом сечении площадью F_2 число Маха $M_2=0,85$. Определите отношение площадей F_2/F_1 . Считать, что течение одномерное изэнтропийное. Определить также отношение скорости V_2/V_1 и температуры T_2/T_1 потока в этих сечениях.

4.2 Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на контрольном мероприятии по дисциплине

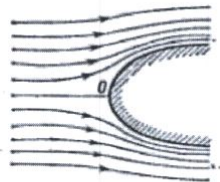
1. Плотность и удельный вес жидкости и газа.
2. Гидростатическое давление и его свойства. Основной закон и уравнение гидростатики.
3. Изменение объема капельных жидкостей и газов при изменении давления.
4. Внешние силы, действующие на жидкость, находящуюся в покое.
5. Вязкость жидкости и газа.
6. Закон Архимеда.

7. Расширение жидкостей и газов при изменении температуры.
8. Давление жидкости на криволинейные поверхности.
9. Давление жидкости на плоские поверхности.
10. Уравнения Л.Эйлера для плавно изменяющегося движения.
11. Уравнение Эйлера для идеальной жидкости.
12. Дифференциальные уравнения равновесия жидкости и газа.
13. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости. Физический смысл слагаемых.
14. Уравнение Бернулли для движения потока вязкой жидкости.
15. Расходомер Вентури.
16. Методы исследования движения жидкости.
17. Уравнение неразрывности.
18. Интегрирование основного дифференциального уравнения гидростатики для случая, когда массовой силой является сила тяжести.
19. Поверхности равного давления и их свойства. Дифференциальное уравнение поверхности уровня.
20. Основное уравнение равномерного движения жидкости.
21. Режимы движения жидкости. Критическое число Рейнольдса.
22. Ламинарное течение в трубе. Распределение скоростей.
23. Потери напора при ламинарном движении.
24. Турбулентные касательные напряжения в потоке жидкости.
25. Распределение осредненных скоростей в турбулентном потоке.
26. Закономерности сопротивления трубопроводов при турбулентном движении.
27. Местные сопротивления. Потери напора в местных сопротивлениях. Взаимное влияние местных сопротивлений.
28. Гидравлически гладкие трубы, их сопротивление.
29. Потери напора, их расчет при различных режимах сопротивления.
30. Потери энергии в круглой цилиндрической трубе.
31. Вязкость при турбулентном течении.
32. Вязкий подслой и режимы сопротивления.
33. Структура турбулентного потока согласно гипотезе Прандтля.
34. Касательные напряжения в турбулентном потоке.
35. Исследования Никурадзе. График Никурадзе.
36. Уравнение неустановившегося движения для элементарной струйки жидкости.
37. Уравнение неустановившегося течения в круглой цилиндрической трубе.
38. Гидравлический расчет «длинных» трубопроводов. Формула Шези.
39. Особенности расчета коротких и длинных трубопроводов.
40. Гидравлический расчет последовательного соединения трубопроводов.

41. Гидравлический расчет параллельного соединения трубопроводов.
42. Расчет простого трубопровода при истечении жидкости в атмосферу и под уровень.
43. Расчет кольцевой сети.
44. Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке при постоянном напоре.
45. Особенности течения и расход через большое отверстие.
46. Истечение жидкости через внешний цилиндрический насадок.
47. Общие положения теории фильтрации. Закон Дарси.
48. Равномерное движение фильтрационного потока.

4.3 Типовые контрольные вопросы для оценивания умений и владений во время промежуточного контроля по дисциплине

1. Вычислить частоту колебаний сферы массой $m = 4\pi R^3 \rho(z_0)/3$ и радиусом R , находящейся в равновесии в точке z_0 жидкости с плотностью $\rho(z)$.
2. Вычислить давление, необходимое для расширения невесомой растяжимой оболочки с постоянным ускорением a в несжимаемой жидкости, и присоединенную массу жидкости.
3. Шар радиуса R движется со скоростью $u(t)$ в несжимаемой жидкости. Найти поле скоростей и давление на его поверхности, считая течение потенциальным.
4. Цилиндр радиуса R движется со скоростью $u(t)$ перпендикулярно своей оси в несжимаемой жидкости. Найти поле скоростей и давление на его поверхности, считая течение потенциальным.
5. Вычислить потенциальное течение идеальной несжимаемой жидкости внутри эллипсоида, вращающегося с угловой скоростью Ω вокруг одной из своих главных осей.
6. Найти течение жидкости вблизи критической точки O на рис. (где скорость равна нулю, а давление максимально).



7. Из несжимаемой жидкости, заполняющей все пространство, удаляется сферический объем радиуса a . Определить время заполнения полости жидкостью.
8. Найти давление на поверхности сферы, расширяющейся по закону $R(t)$.
9. В воздухе частота колебаний шарика на пружине ω_0 . Какой будет частота в идеальной жидкости с плотностью ρ_L ? При плотности материала шарика ρ .
10. В вертикальной трубе радиусом R , заполненной идеальной несжимаемой жидкостью, соосно с ней помещен легкий (его плотность много меньше плотности жидкости) цилиндр радиусом r и длиной L ($L > R$). Определить ускорение, с которым будет всплывать цилиндр.

11. Широкий сосуд с несжимаемой жидкостью движется с постоянным ускорением $a = e_x A_x + e_z A_z$ в однородном поле тяжести $g = -eg_z$. Найти наклон свободной поверхности жидкости.
12. Оценить сплюснутость Земли, обусловленную ее осевым вращением, рассматривая Землю как однородный несжимаемый жидкий шар.
13. Жидкость, уравнение состояния которой имеет вид $p = \rho \lambda V$, вытекает из большого резервуара под давлением N через гладкую тонкую трубу. Определить скорость жидкости.
14. Вычислить объемную мощность диссипации энергии в несжимаемой вязкой жидкости.
15. Плоское «дно» бесконечно глубокой вязкой несжимаемой жидкости приводится в движение со скоростью $v = v_0 \cos \omega t$, совершая линейно поляризованные колебания в плоскости дна. Найти поле скоростей и среднюю мощность, необходимую для поддержания этих колебаний.
16. Вертикальная труба радиусом заполнена вязкой несжимаемой жидкостью. Вдоль оси трубы помещен длинный $L \gg R$ невесомый цилиндр, радиус которого мало отличается от радиуса трубы, так что между ними остается узкий зазор толщиной $\delta \ll R$. Найти скорость всплывания цилиндра в поле тяжести g .

4.4 Перечень контрольных вопросов для сдачи кандидатского экзамена по специальности 1.1.9 Механика жидкости, газа и плазмы

1. Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред.
2. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы. Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований.
3. Основные исторические этапы в развитии механики жидкости и газа.
4. Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике.
5. Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошных сред.
6. Определения и свойства кинематических характеристик движения: перемещения, траектории, скорость, линии тока, критические точки, ускорение, тензор скоростей деформации и его инварианты, вектор вихря, потенциал скорости, циркуляция скорости, установившееся и неустойчивое движение среды.
7. Кинематические свойства вихрей.
8. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости. Многокомпонентные смеси. Потoki диффузии. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей.
9. Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы. Законы сохранения количества движения и моментов количества движения для конечных масс сплошной среды. Дифференциальные уравнения движения и момента количества движения сплошной среды.
10. Работа внутренних поверхностных сил. Кинетическая энергия и уравнение живых сил для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах.

11. Понятие о параметрах состояния, пространстве состояний, процессах и циклах. Закон сохранения энергии, внутренняя энергия. Уравнение притока тепла. Вектор потока тепла. Дифференциальные уравнения энергии и притока тепла. Законы теплопроводности Фурье. Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др.
12. Обратимые и необратимые процессы. Совершенный газ. Цикл Карно. Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная температура. Некомпенсированное тепло и производство энтропии. Неравенство диссипации, тождество Гиббса. Диссипативная функция. Основные макроскопические механизмы диссипации. Понятие о принципе Онзагера. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы двухпараметрических сред.
13. Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера. Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия.
14. Интегралы Бернулли и Коши-Лагранжа. Явление кавитации.
15. Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях. Возникновение вихрей. Теорема Бьеркнеса.
16. Модель вязкой жидкости. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Уравнения Навье-Стокса. Полные системы уравнений для вязкой несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости.
17. Применение интегральных соотношений к конечным объемам среды при установившемся движении. Теория реактивной тяги и теория идеального пропеллера.
18. Поверхности слабых и сильных разрывов. Разрывы сплошности.
19. Условия на поверхностях сильного разрыва в материальных средах и в электромагнитном поле. Тангенциальные разрывы и ударные волны.
20. Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил. Закон Архимеда. Равновесие и устойчивость плавающих тел и атмосферы.
21. Общая теория непрерывных потенциальных движений несжимаемой жидкости. Свойства гармонических функций. Многозначность потенциала в многосвязных областях. Кинематическая задача о произвольном движении твердого тела в неограниченном объеме идеальной несжимаемой жидкости. Энергия, количество движения и момент количества движения жидкости при движении в ней твердого тела. Движение сферы в идеальной жидкости.
22. Силы воздействия идеальной жидкости на тело, движущееся в безграничной массе жидкости. Основы теории присоединенных масс. Парадокс Даламбера.
23. Плоские движения идеальной жидкости. Функция тока. Применение методов теории аналитических функций комплексного переменного для решения плоских задач гидродинамики и аэродинамики. Стационарное обтекание жидкостью цилиндра и профиля. Формулы Чаплыгина и теорема Жуковского. Правило Жуковского и Чаплыгина определения циркуляции вокруг крыльев с острой задней кромкой. Нестационарное обтекание профилей.
24. Плоские задачи о струйных течениях жидкости. Обтекание тел с отрывом струй. Схемы Кирхгофа, Эфроса и др.
25. Определение поля скоростей по заданным вихрям и источникам. Формулы Био-Савара. Прямолинейный и кольцевой вихри. Законы распределения давлений, силы, обуславливающие вынужденное движение прямолинейных вихрей в плоском потоке.

26. Постановка задачи и основные результаты теории крыла конечного размаха. Несущая линия и несущая поверхность.
27. Постановка задачи Коши-Пуассона о волнах на поверхности тяжелой несжимаемой жидкости. Гармонические волны. Фазовая и групповая скорость. Дисперсия волн. Перенос энергии прогрессивными волнами. Теория мелкой воды. Уравнения Буссинеска и Кортевега-де-Вриза. Нелинейные волны. Солитон.
28. Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля. Течение вязкой жидкости в диффузоре. Диффузия вихря.
29. Приближения Стокса и Озеена. Задача о движении сферы в вязкой жидкости в постановке Стокса.
30. Ламинарный пограничный слой. Задача Блазиуса. Интегральные соотношения и основанные на их использовании приближенные методы в теории ламинарного пограничного слоя. Явление отрыва пограничного слоя. Устойчивость пограничного слоя. Теплообмен с потоком на основе теории пограничного слоя.
31. Турбулентность. Опыт Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса. Турбулентный перенос тепла и вещества. Полуэмпирические теории турбулентности. Профиль скорости в пограничном слое. Логарифмический закон. Прямое численное решение уравнений гидромеханики при наличии турбулентности.
32. Свободная и вынужденная конвекция. Приближение Буссинеска. Линейная неустойчивость подогреваемого плоского слоя и порог возникновения конвекции. Понятие о странном аттракторе.
33. Движение жидкости и газа в пористой среде. Закон Дарси. Система дифференциальных уравнений подземной гидрогазодинамики. Неустановившаяся фильтрация газа. Примеры точных автомодельных решений.
34. Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости. Волновое уравнение. Скорость звука.
35. Запаздывающие потенциалы. Эффект Допплера. Конус Маха. Уравнения газовой динамики. Характеристики.
36. Влияние сжимаемости на форму трубок тока при установившемся движении. Элементарная теория сопла Лавала.
37. Одномерные неустановившиеся движения газов с плоскими, цилиндрическими и сферическими волнами. Автомодельные движения и классы соответствующих задач. Задачи о поршне и о сильном взрыве в газе.
38. Волны Римана. Эффект опрокидывания волн. Адиабата Гюгонио. Теорема Цемплена. Эволюционные и неэволюционные разрывы.
39. Теория волн детонации и горения. Правило Жуге и его обоснование.
40. Задача о структуре сильного разрыва.
41. Качественное описание решения задачи о распаде произвольного разрыва.
42. Плоские стационарные сверхзвуковые течения газа. Метод характеристик. Течение Прандтля-Майера. Косой скачок уплотнения. Обтекание сверхзвуковым потоком газа клина и конуса. Понятие об обтекании тел газом с отошедшей ударной волной.
43. Линейная теория обтекания тонких профилей и тел вращения.
44. Течения с гиперзвуковыми скоростями. Закон сопротивления Ньютона.

45. Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла в пустоте. Взаимодействие электромагнитного поля с проводниками. Сила Лоренца. Закон сохранения полного заряда. Закон Ома. Среда с идеальной проводимостью. Вектор и уравнение Умова-Пойнтинга. Джоулево тепло. Уравнения импульса и притока тепла для проводящей среды.
46. Уравнения магнитной гидродинамики. Условия вмороженности магнитного поля в среду. Понятие о поляризации и намагничивании жидкостей.
47. Система определяющих параметров для выделенного класса явлений. Основные и производные единицы измерения. Формула размерностей. П-теорема. Примеры приложений. Определение физического подобия. Моделирование. Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда, Рейнольдса, Струхала, Прандтля.
48. Приближение Буссинеска. Уравнения свободной тепловой конвекции. Критерии подобия.
49. Условия равновесия неравномерно нагретой жидкости. Проблема устойчивости. Малые возмущения. Спектральная амплитудная задача. Принцип монотонности возмущений. Критические возмущения. Вариационный метод. Задача Рэлея для плоского слоя. Равновесие и устойчивость в каналах и замкнутых полостях. Метод Галеркина. Воздействие различных факторов на устойчивость равновесия (вращение, диффузия, модуляция параметра).
50. Надкритические движения. Метод разложения по амплитуде вторичных течений. Устойчивость вторичных течений в горизонтальном слое.
51. Конвекция в пограничном слое; задача Польгаузена. Конвекция в замкнутых объемах. Метод сеток в применении к задачам конвекции.
52. Проблема устойчивости стационарных течений. Метод возмущений; постановка задачи линейной теории гидродинамической устойчивости. Нормальные возмущения в плоскопараллельных потоках. Уравнение Орра-Зоммерфельда. Свойства спектра возмущений и декрементов в параллельных потоках. Приближенные методы решения спектральной амплитудной задачи: метод Галеркина, метод Рунге-Кутты с ортогонализацией, метод дифференциальной прогонки. Устойчивость течения Пуазейля; нейтральная кривая. Устойчивость цилиндрического течения Куэтта; вихри Тейлора.
53. Устойчивость стационарного плоскопараллельного конвективного течения. Спектр возмущений и механизмы неустойчивости.
54. Проблема ламинарно-турбулентного перехода. Странные аттракторы в простых динамических системах. Пути возникновения странных аттракторов (последовательные удвоения периода, перемежаемость, переход через квазипериодический режим). Модель Лоренца. Возникновение турбулентной конвекции в горизонтальном слое и замкнутых полостях. Возникновение турбулентности в цилиндрическом течении Куэтта.
55. Осредненные уравнения турбулентного течения. Цепочка уравнений Фридмана-Келлера. Проблема замыкания и методы ее решения. Однородная и изотропная турбулентность. Проблема корреляции скоростей. Спектр турбулентных пульсаций. Теория Колмогорова.
56. Магнитогидродинамические взаимодействия. Система уравнений магнитной гидродинамики и условия их применимости. Безразмерная форма уравнений; критерии подобия.

57. Идеально проводящая жидкость. «Вмороженность» силовых линий. Нестационарные возмущения; волны Альфвена и магнитозвуковые волны.
58. Теория генерации поля (проблема МГД-динамо). Аналогия Батчелора. Турбулентность. Альфа-эффект.
59. Течение в каналах. Задача Гартмана. Течение Куэтта в магнитном поле. Особенности МГД-обтекания. Пограничный слой в магнитном поле. Кондукционные и индукционные МГД-машины. Увлечение проводящей среды бегущим и вращающимся магнитным полем. Воздействие магнитного поля на конвективную устойчивость проводящей среды; монотонная и колебательная неустойчивость.
60. Понятие о плазме. Ленгмюровская частота и дебаевский радиус. Условия применимости магнитогидродинамического приближения к описанию плазмы. Равновесие плазмы в магнитном поле. Линейный и азимутальный пинчи. Динамическая модель пинч-эффекта. Гидромагнитная устойчивость плазмы.
61. Нелинейновязкие жидкости. Идеальное пластическое тело. Псевдопластики и дилатантные жидкости. Тиксотропия. Течение в круглом капилляре и ротационном вискозиметре.
62. Ползучесть материалов. Релаксация напряжений в условиях ползучести. Линейная теория наследственной ползучести Больцмана – Вольтера. Ползучесть нелинейно-наследственного тела. Дифференциальные и интегральные формы уравнений состояния.
63. Вязкоупругое поведение растворов и расплавов полимеров. Феноменологические модели. Функции релаксации и ползучести. Интегралы наследственности. Эффект нормальных напряжений (разбухание струи) и обратимые сдвиговые деформации при экструзии. Вариационные методы расчета течений вязкоупругих жидкостей.
64. Жидкости с внутренним вращением. Законы сохранения. Феноменологический вывод уравнений движения. Релаксация и диффузия внутреннего момента импульса. Дисперсия вязкости. Безынерционное приближение для суспензии наночастиц.
65. Магнитные жидкости (феррожидкости). Общее представление о коллоидных растворах и суспензиях, условия их устойчивости. Полидисперсность реальных ферроколлоидов, ее учет по теории Ланжевена. Магнитогранулометрический анализ.
66. Энергия диполь-дипольного взаимодействия. Модели среднего поля для намагниченности с учетом межчастичных взаимодействий. Магнитная жидкость в переменном поле. Простейшее уравнение релаксации. Динамическая восприимчивость магнитной жидкости, формулы Дебая.
67. Теорема Бернулли для магнитных жидкостей. Максвелловский тензор напряжений и скачок давлений на границе магнитной жидкости. Силы, действующие на погруженное в магнитную жидкость немагнитное тело. Неустойчивость плоской границы МЖ в вертикальном поле.
68. Гидродинамика магнитной жидкости в переменном поле. Поверхностные и объемные силы. Условие потенциальности магнитных сил. Вязкость магнитных жидкостей. Магнитореологический эффект.
69. Сложные магнитные жидкости: вязкоупругие суспензии, феррогели, ферронематики. Общая характеристика и основные особенности. Уравнение вращательного движения однодоменной частицы в жидкости Максвелла; времена магнитной и ориентационной релаксации, условия применимости безынерционного приближения.
70. Жидкие кристаллы. Классификация. Дальний ориентационный порядок в нематиках. Фазовый переход нематик – изотропная жидкость. Влияние внешних полей. Энергия

Франка. Переходы Фредерикса. Динамические свойства нематиков: взаимодействие ориентации и течения. Тензор напряжений Лесли-Эриксона, анизотропия вязкости.

Пример типовой формы экзаменационного билета



«Институт механики сплошных сред УрО
РАН» - филиал ФГБУН Пермского
федерального исследовательского центра УрО
РАН

Специальность:
«Механика жидкости, газа и плазмы»

Дисциплина «Механика жидкости, газа и плазмы»

БИЛЕТ №1

1. Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред.
(контроль знаний)
2. Жидкость, уравнение состояния которой имеет вид $p = \rho \lambda V$, вытекает из большого резервуара под давлением N через гладкую тонкую трубу. Определить скорость жидкости.
(контроль умений и навыков)

Преподаватель

(подпись)

(ФИО)

« ____ » _____ 20__ г.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

[illegible]