

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра вычислительной и экспериментальной механики

Авторы-составители: **Синер Александр Александрович**

Рабочая программа дисциплины

МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ

Код УМК 89580

Утверждено
Протокол №6
от «16» июня 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Механика жидкости, газа и плазмы

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в Блок « Блок1.А.00 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **01.06.01** Математика и механика
направленность Вычислительная гидродинамика

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Механика жидкости, газа и плазмы** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

01.06.01 Математика и механика (направленность : Вычислительная гидродинамика)

ПК.1 Владеет фундаментальными знаниями в области математики и механики в объеме, достаточном для решения научно-исследовательских задач

Индикаторы

ПК.1.3 Способен строить и исследовать математические модели в области механики жидкости и газа; проводить анализ полученных моделей с использованием компьютерных технологий

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	01.06.01 Математика и механика (направленность: Вычислительная гидродинамика)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	7
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	48
Проведение лекционных занятий	24
Проведение практических занятий, семинаров	24
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	0
Самостоятельная работа (ак.час.)	96
Формы текущего контроля	Письменное контрольное мероприятие (5)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (7 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Феноменологический и статистический подход к описанию сплошной среды

В данном разделе рассматриваются два подхода к описанию сплошной среды: феноменологический и статистический. Устанавливается связь между подходами. Рассматриваются различия между подходами и области их применения. Для статистического подхода рассматриваются уравнения Больцмана.

Современные подходы к моделированию турбулентных течений жидкостей, газов и плазмы

В данном разделе рассматриваются основные модели для описания турбулентных течений, такие как: осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса, LES-модель, гибридные модели, прямое численное моделирование

Современные численные схемы для решения задач механики жидкости, газа и плазмы

В разделе рассматриваются современные численные методы с низкой дисперсией и диссипацией, применяемые для расчета сложных нестационарных течений. Также рассматриваются ограничения и особенности применения этих методов.

Экспериментальные методы исследования течений жидкости, газа и плазмы

В разделе рассматриваются современные методы экспериментальных исследований, такие как: методы измерения стационарных полей давления, скорости, температуры, методы и приборы для измерения колебаний давления (микрофоны и датчики пульсаций давления), термоанемометрические методы и оптические методы (PIV, LDV).

Нестационарная аэродинамика и аэроакустика

В данном разделе рассматриваются математические модели и численные схемы для решения задач аэроакустики. Основные уравнения включают волновое уравнение, линеаризованные уравнения Эйлера. Основные численные схемы для решения задач аэроакустики: схема DRP (Dispersion Relation Preserving) и схема LDDRK (Low dispersion and dissipation Runge Kutta). Рассматривается вопрос построения численных схем для решения задач аэроакустики, вопросы устойчивости таких схем.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Лелевкин В. М., Оторбаев Д. К. Экспериментальные методы и теоретические модели в физике неравновесной плазмы / В. М. Лелевкин, Д. К. Оторбаев. - Фрунзе: Илим, 1988, ISBN 5-8355-0023-8. - 249.
2. Ефремов, Ю. С. Статистическая физика и термодинамика : учебное пособие для академического бакалавриата / Ю. С. Ефремов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 209 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-05152-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://urait.ru/bcode/438850>
3. Емельянов, В. Н. Численные методы: введение в теорию разностных схем : учебное пособие для академического бакалавриата / В. Н. Емельянов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 188 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-06617-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/438073>
4. Экспериментальные методы и аппаратура для исследования турбулентности, всесоюзное совещание, 3-е. Новосибирск. 1979. III всесоюзное совещание "Экспериментальные методы и аппаратура для исследования турбулентности": тезисы докладов, 10-12 октября. - Новосибирск: Институт теплофизики, 1979. - 134. - Библиогр. в конце ст.
5. Пименов, В. Г. Численные методы: разностные схемы решения уравнений : учебное пособие для вузов / В. Г. Пименов ; под научной редакцией А. Б. Ложникова. — Москва : Издательство Юрайт, 2019 ; Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та. — 134 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-10892-7 (Издательство Юрайт). — ISBN 978-5-7996-1924-4 (Изд-во Урал. ун-та). — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/432208>
6. Аэроакустика: [сб. статей] / АН СССР, Акуст. ин-т.-М.: Наука, 1980. - 143. - Библиогр. в конце ст.
7. Фрик П. Г. Турбулентность: подходы и модели / П. Г. Фрик. - Москва: Регулярная и хаотическая динамика, 2010, ISBN 978-5-93972-818-8. - 330. - Библиогр.: с. 322-330 и в конце гл.

Дополнительная:

1. Ларичкин, В. В. Техническая акустика и защита от шума : учебно-методическое пособие / В. В. Ларичкин, К. П. Гусев. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 60 с. — ISBN 978-5-7782-1556-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/45179.html>
2. Маслов, А. А. Динамика вязкого газа, турбулентность и струи : учебное пособие / А. А. Маслов, С. Г. Миронов. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2010. — 214 с. — ISBN 978-5-7782-1434-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/45366>
3. Галкин В. А. Анализ математических моделей: системы законов сохранения, уравнения Больцмана и Смолуховского / В. А. Галкин. - Москва: Бинوم. Лаборатория знаний, 2009, ISBN 978-5-94774-901-4. - 408. - Библиогр.: с. 391-403
4. Ференец В.А. Полупроводниковые струйные термоанемометры: монография / В.А. Ференец. - Москва: Энергия, 1972. - 112.

5. Зализняк, В. Е. Численные методы. Основы научных вычислений : учебник и практикум для вузов / В. Е. Зализняк. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 356 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02714-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт].
<https://urait.ru/bcode/449891>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D1%83%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%91%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%86%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B0 Вывод уравнения Больцмана

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ

<http://window.edu.ru/> Единое окно доступа к образовательным ресурсам

<https://cfd.spbstu.ru/agarbaruk/lecture/> Лекции Гарбарука А.В.

<https://cfd.spbstu.ru/agarbaruk/lecture/> Лекции Гарбарука А.В.

<https://cfd.spbstu.ru/agarbaruk/lecture/> Лекции Гарбарука А.В.

<https://cfd.spbstu.ru/agarbaruk/lecture/> Лекции Гарбарука А.В.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Механика жидкости, газа и плазмы** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);

- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое программное обеспечение:

- приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC»;

- офисный пакет приложений «LibreOffice», Alt Linux;

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Механика жидкости, газа и плазмы**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ПК.1

Владеет фундаментальными знаниями в области математики и механики в объеме, достаточном для решения научно-исследовательских задач

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1.3 Способен строить и исследовать математические модели в области механики жидкости и газа; проводить анализ полученных моделей с использованием компьютерных технологий</p>	<p>Аспирант должен: знать: основные подходы для описания движения жидкости, газа и плазмы; математические модели для описания турбулентного течения газа; современные численные методы для расчета течения жидкости, газа и плазмы; уметь: применять современные численные методы расчета течения газа для решения практических задач науки и техники; анализировать свойства численных схем для расчета течений жидкости, газа и плазмы; правильно выбирать экспериментальные методы исследования для решения практических задач механики жидкости, газа и плазмы; владеть: математическим аппаратом для описания течений жидкости, газа и плазмы; современными пакетами прикладных программ для решения практических задач в области механики жидкости, газа и плазмы; современными средствами измерений характеристик жидкости, газа и плазмы.</p>	<p align="center">Неудовлетворител Аспирант не знает модели, ограничения и не может их применить</p> <p align="center">Удовлетворительн Аспирант знает модели, но не знает их ограничения и не может их применить для решения задач</p> <p align="center">Хорошо Аспирант знает модели и их ограничения, но постановка задач вызывает некоторые трудности</p> <p align="center">Отлично Аспирант знает все модели, знает их ограничения и способен их применять</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.1.3 Способен строить и исследовать математические модели в области механики жидкости и газа; проводить анализ полученных моделей с использованием компьютерных технологий	Феноменологический и статистический подход к описанию сплошной среды Письменное контрольное мероприятие	Знания уравнений Больцмана, Навье-Стокса
ПК.1.3 Способен строить и исследовать математические модели в области механики жидкости и газа; проводить анализ полученных моделей с использованием компьютерных технологий	Современные подходы к моделированию турбулентных течений жидкостей, газов и плазмы Письменное контрольное мероприятие	Знание уравнений и граничных условий для расчета турбулентных течений
ПК.1.3 Способен строить и исследовать математические модели в области механики жидкости и газа; проводить анализ полученных моделей с использованием компьютерных технологий	Современные численные схемы для решения задач механики жидкости, газа и плазмы Письменное контрольное мероприятие	Знание численных схем для решения задач механики жидкости, газа и плазмы

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.1.3 Способен строить и исследовать математические модели в области механики жидкости и газа; проводить анализ полученных моделей с использованием компьютерных технологий	Экспериментальные методы исследования течений жидкости, газа и плазмы Письменное контрольное мероприятие	Знание экспериментальных методов исследования течений жидкости, газа и плазмы
ПК.1.3 Способен строить и исследовать математические модели в области механики жидкости и газа; проводить анализ полученных моделей с использованием компьютерных технологий	Нестационарная аэродинамика и аэроакустика Письменное контрольное мероприятие	Знание уравнений и численных методов, применяемых в аэроакустике

Спецификация мероприятий текущего контроля

Феноменологический и статистический подход к описанию сплошной среды

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Вывод уравнений Навье-Стокса из уравнений Больцмана	20
Знание различных моделей для уравнения Больцмана	16
Знание уравнений Больцмана	13
Знание уравнений Навье-Стокса и Эйлера	11

Современные подходы к моделированию турбулентных течений жидкостей, газов и плазмы

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Аспирант знает все уравнения и граничные условия для расчета турбулентных течений, может их применить для решения промышленных задач	20
Аспирант знает все уравнения и граничные условия для расчета турбулентных течений, может их применить для решения простых модельных задач	17
Аспирант знает только основные уравнения и граничные условия для расчета	14

турбулентных течений, может объяснить, как они применяются для решения практических задач	
Аспирант знает не все уравнения и граничные условия для расчета турбулентных течений, не может их применить для решения задач	11

Современные численные схемы для решения задач механики жидкости, газа и плазмы

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Аспирант знает все численные схемы для решения задач механики жидкости, газа и плазмы, способен применить их для решения реальных практических задач	20
Аспирант знает основные численные схемы для решения задач механики жидкости, газа и плазмы, способен применить их для решения реальных задач	17
Аспирант знает основные численные схемы для решения задач механики жидкости, газа и плазмы, способен применить их для решения модельных задач	14
Аспирант знает некоторые численные схемы для решения задач механики жидкости, газа и плазмы, способен применить их для решения узкого круга задач	11

Экспериментальные методы исследования течений жидкости, газа и плазмы

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Аспирант владеет всеми экспериментальными методами исследований, способен применить их для решения реальных практических задач	20
Аспирант владеет всеми экспериментальными методами исследований, способен применить их для решения модельных задач	17
Аспирант владеет основными экспериментальными методами исследований, способен применить их для решения реальных задач	14
Аспирант владеет некоторыми экспериментальными методами исследований, способен применить их для решения узкого круга специальных задач	11

Нестационарная аэродинамика и аэроакустика

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Аспирант знает все уравнения и численные методы аэроакустики, может их применить для решения реальных задач	20

Аспирант знает все уравнения и численные методы аэроакустики, может их применить для решения модельных задач	17
Аспирант знает основные уравнения и численные методы аэроакустики, может их применить для решения модельных задач	14
Аспирант знает некоторые уравнения и численные методы аэроакустики, может их применить для решения узкого круга задач	11