

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра вычислительной и экспериментальной механики

Авторы-составители: **Скачков Андрей Павлович
Синер Александр Александрович
Шуваев Николай Васильевич**

Рабочая программа дисциплины
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ
Код УМК 92373

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

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Дополнительные главы газовой динамики

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в базовую часть Блока « М.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **01.04.03** Механика и математическое моделирование
направленность Фундаментальная и прикладная механика

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Дополнительные главы газовой динамики** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

01.04.03 Механика и математическое моделирование (направленность : Фундаментальная и прикладная механика)

ОПК.2 Способен разрабатывать и применять новые методы математического моделирования в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности

Индикаторы

ОПК.2.1 Анализирует и разрабатывает математические модели для решения задач в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности

ОПК.4 Способен использовать и создавать эффективные программные средства для решения задач механики

Индикаторы

ОПК.4.2 Использует современные пакеты прикладных программ при решении задач механики

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	01.04.03 Механика и математическое моделирование (направленность: Фундаментальная и прикладная механика)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	5
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	36
Проведение лекционных занятий	24
Проведение практических занятий, семинаров	12
Самостоятельная работа (ак.час.)	72
Формы текущего контроля	Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (5 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Дополнительные главы газовой динамики

В программу курса входят теоретические основы плоского и пространственного течения газа, а также вопросы термодинамики идеального газа.

Плоское установившееся течение газа

Уравнения плоского установившегося безвихревого течения баротропного газа. Потенциал скорости и функция тока. Переход в плоскость комплексной переменной и комплексной скорости и к новым независимым переменным ξ и η . Уравнения Чаплыгина. Канонический вид уравнений Чаплыгина. Точные решения уравнений Чаплыгина (вихрь, источник или сток, вихреисточник или вихресток). Уравнения характеристик плоского безвихревого сверхзвукового течения в плоскости потенциала скорости и функции тока. Функция Христиановича и функция χ , их связь. Уравнение Дарбу для потенциала скорости и функции тока. Краевые условия. Задачи Коши, Гурса, со свободной поверхностью и с твердой стенкой. Различие картин течения сжимаемой и несжимаемой жидкостей. Предельные линии, условие их возникновения. Точные частные решения уравнений Чаплыгина, в которых возникают предельные линии (решение Г. Г. Черного и решение В. В. Татаренчика).

Пространственное установившееся движение газа

Уравнения пространственного течения в произвольной ортогональной системе координат. Коэффициенты Ляме. Цилиндрические и сферические координаты. Уравнения установившегося осесимметричного течения в меридиональной плоскости. Сверхзвуковые течения. Уравнения характеристик и условия на характеристиках. Безвихревые осесимметричные сверхзвуковые течения. Особенности расчета методом характеристик. Скачки уплотнения. Ударная волна. Примеры безвихревых осесимметричных сверхзвуковых течений. Обтекание круглого конуса. Кривая зависимости χ в плоскости годографа. Яблоковидная кривая. Коническое течение сжатия (течение Буземана). Внешнее обтекание тела вращения.

Термодинамические процессы с идеальным газом

Термодинамическая система и окружающая среда. Рабочее тело и его компоненты. Гомогенные и гетерогенные системы. Закрытые и открытые системы, адиабатные системы. Параметры состояния системы. Уравнение состояния газа. Термодинамический процесс. Равновесный процесс, обратимый процесс. Основные термодинамические функции. Первое и второе начала термодинамики. Политропный, изоэнтропный, изотермный, изобарный и изохорный процессы. Понятие о круговом процессе (цикле). Прямые и обратные циклы. Термический КПД, среднее давление и удельная работа цикла. Моделирование работы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Цикл с подводом теплоты при постоянном объеме (цикл Отто). Цикл с подводом теплоты при постоянном давлении (цикл Дизеля). Цикл со смешанным подводом теплоты (цикл Тринклера). Газотурбинные двигатели (ГТД). Цикл ГТД с подводом теплоты при постоянном давлении. Цикл ГТД с подводом теплоты при постоянном объеме. Воздушно-реактивные двигатели (турбореактивные, прямоточные воздушно-реактивные и пульсирующие воздушно-реактивные). Ракетные двигатели. Тяга реактивных двигателей. Паросиловые установки. Цикл Карно. Цикл Ренкина. Пути повышения экономичности цикла Ренкина. Идеальный поршневой компрессор. Многоступенчатый поршневой компрессор. Работа реального поршневого компрессора. Центробежные и осевые лопаточные компрессоры. Расчет лопаточных компрессоров.

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. Черный Г. Г. Газовая динамика: учебник для студентов вузов/Г. Г. Черный.-Москва:Наука.,1988, ISBN 5-02-013814-2.-424.-Библиогр.: с. 418. - Указ. имен., предм.: с. 419-424
2. Прикладная газовая динамика. в 2 ч./Г. Н. Абрамович. Ч.1.-М.:Наука,1991, ISBN 5-02-014961-6.-597
3. Самарский А. А., Попов Ю. П. Разностные методы решения задач газовой динамики: учебное пособие/А. А. Самарский, Ю. П. Попов.-Москва:Едиториал УРСС,2004, ISBN 5-354-00772-0.-424.-Библиогр.: с. 417-421
4. Прикладная газовая динамика. В 2 ч./Г. Н. Абрамович. Ч. 2.-М.:Наука,1991, ISBN 5-02-014961-6.-301.-Библиогр.: с.294-296 (68назв.)
5. Кочин Н. Е. Теоретическая гидромеханика. учебник для университетов Ч. 2/Н. Е. Кочин, И. А. Кибель, Н. В. Розе ; ред. И. А. Кибель.-Москва:Физматгиз,1963.-727

Дополнительная:

1. Крайко А. Н. Теоретическая газовая динамика: классика и современность/А. Н. Крайко.-Москва:Торус Пресс,2010, ISBN 978-5-94588-076-4.-440.-Библиогр.: с. 411-418. - Имен. указ.: с. 419-422. - Предм. указ.: с. 423-429

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ
<http://window.edu.ru/> Единое окно доступа к образовательным ресурсам

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

Образовательный процесс по дисциплине **Дополнительные главы газовой динамики** 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 компьютерами 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
Дополнительные главы газовой динамики**

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

ОПК.2

Способен разрабатывать и применять новые методы математического моделирования в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.2.1 Анализирует и разрабатывает математические модели для решения задач в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности</p>	<p>В результате обучения студент должен уметь разрабатывать математические модели в предметной области</p>	<p align="center">Неудовлетворител Студент не умеет строить математическую модель задачи газовой динамики, не может проанализировать и сделать выводы.</p> <p align="center">Удовлетворительн Студент умеет построить математическую модель задачи газовой динамики, испытывает затруднение при ее анализе</p> <p align="center">Хорошо Студент умеет построить математическую модель задачи газовой динамики, проанализировать ее решение.</p> <p align="center">Отлично Студент умеет построить математическую модель задачи газовой динамики, проанализировать ее решение и сделать выводы.</p>

ОПК.4

Способен использовать и создавать эффективные программные средства для решения задач механики

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.4.2 Использует современные пакеты прикладных программ при решении задач механики</p>	<p>В результате обучения студент должен уметь использовать пакеты прикладных программ при решении задач газовой динамики.</p>	<p align="center">Неудовлетворител Студент не умеет использовать пакеты прикладных программ при решении задач газовой динамики, не может сформулировать граничные условия и не владеет навыками анализа решения.</p> <p align="center">Удовлетворительн Студент использует пакеты прикладных программ при решении задач газовой динамики.</p> <p align="center">Хорошо Студент использует пакеты прикладных программ при решении задач газовой</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>динамики, формулирует граничные условия и испытывает затруднения при анализе решения.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Студент умеет использовать пакеты прикладных программ при решении задач газовой динамики, верно формулирует граничные условия и владеет навыками анализа решения.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

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 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.2.1 Анализирует и разрабатывает математические модели для решения задач в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности ОПК.4.2 Использует современные пакеты прикладных программ при решении задач механики	Плоское установившееся течение газа Защищаемое контрольное мероприятие	Модели плоского установившегося течения газа
ОПК.2.1 Анализирует и разрабатывает математические модели для решения задач в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности ОПК.4.2 Использует современные пакеты прикладных программ при решении задач механики	Пространственное установившееся движение газа Защищаемое контрольное мероприятие	Пространственное установившееся движение газа.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.2.1 Анализирует и разрабатывает математические модели для решения задач в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности ОПК.4.2 Использует современные пакеты прикладных программ при решении задач механики	Термодинамические процессы с идеальным газом Итоговое контрольное мероприятие	Термодинамические процессы, протекающие в идеальном газе.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Плоское установившееся течение газа

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Решение задачи.	13
Модель плоского установившегося движения газа.	7
Разрешающие уравнения плоского установившегося движения газа.	7
Гипотезы, используемые при плоском установившемся течении газа.	3

Пространственное установившееся движение газа

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Решение задачи.	13
Модели пространственного установившегося движения газа.	7
Разрешающие уравнения пространственного установившегося движения газа.	7
Гипотезы, используемые при пространственном установившемся движении газа.	3

Термодинамические процессы с идеальным газом

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы

Решение задачи.	13
Расчет термодинамических циклов идеального газа.	10
Термодинамические уравнения идеального газа	7
термодинамические параметры идеального газа.	7
Гипотезы термодинамики идеального газа.	3