

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное 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
Семина Михаил Александрович**

Рабочая программа дисциплины

ГИДРОГАЗОДИНАМИКА

Код УМК 87978

Утверждено
Протокол №6
от «16» марта 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Гидрогазодинамика

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Направление: **20.03.01** Техносферная безопасность

направленность Безопасность технологических процессов химических и нефтехимических производств

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Гидрогазодинамика** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

20.03.01 Техносферная безопасность (направленность : Безопасность технологических процессов химических и нефтехимических производств)

ОПК.1 знать основные теории, учения и концепции в профессиональной области

ОПК.4 иметь базовые знания в области фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом в профессиональной сфере, для обработки и анализа данных наблюдений

ПК.13 способность использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	20.03.01 Техносферная безопасность (направленность: Безопасность технологических процессов химических и нефтехимических производств)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	9
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	56
Проведение лекционных занятий	28
Проведение практических занятий, семинаров	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	88
Формы текущего контроля	Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (9 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Гидрогазодинамика

Рассматриваются основные вопросы газовой динамики (в основном идеальный газ) и гидродинамики идеальной несжимаемой жидкости. Проводятся построение математических моделей классических задач указанных областей. Приводятся иллюстрации в виде постановок и решения классических задач.

Гидродинамика идеальной несжимаемой жидкости.

Основные направления в области гидроаэродинамики. Основные физические свойства жидкости, рассматривается модель идеальной несжимаемой жидкости. Интегральные и дифференциальные уравнения гидродинамики. Уравнения состояния. Разделение механической и температурной задач. Основные уравнения равновесия идеальной несжимаемой жидкости, методы определения формы поверхности уровня, сил давления на твердые стенки, условиям плавания тел. Равновесие жидкости в однородном поле земного тяготения, относительное равновесие при равноускоренном движении, закон Паскаля, закон сообщающихся сосудов.

Одномерное установившееся движение идеальной несжимаемой жидкости

Построение системы уравнений квазиодномерного движения идеальной несжимаемой жидкости, интегралов движения для струйки тока. Понятия полного и статического давления, элементарная теория создания подъемной силы крыла. Методы расчета течений жидкости в трубопроводах, параметров истечения струй жидкости из различных насадок. Уравнения для квазиодномерных течений идеальной несжимаемой жидкости. Методы решения типовых задач расчета течения идеальной несжимаемой жидкости в каналах и трубах, течения в трубе переменного сечения, особенности течения реальной жидкости, гидравлические сопротивления. Основные зависимости в задачах по истечению жидкости из ёмкости в атмосферу, истечению жидкости из различных насадок.

Плоское безвихревое установившееся движение идеальной несжимаемой жидкости

Построение системы уравнений для плоских безвихревых течений идеальной несжимаемой жидкости. Комплексный потенциал течения при обтекании цилиндра, понятие критической точки. Силы давления, действующие на цилиндр при равномерном движении. Парадокс Д'Аламбера. Задача обтекания цилиндра с циркуляцией. Формула Жуковского, эффекта Магнуса. подъемной силы. Аэродинамический профиль, крыловой профиль, хорды профиля, толщины профиля, угол атаки профиля, направление безциркуляционного обтекания, аэродинамического угла атаки. Основные типы сопротивлений профилей: профильное, индуктивное, волновое, коэффициент сопротивления, коэффициент подъемной силы. Примеры теоретических крыловых профилей Жуковского.

Движение твердого тела в безграничной идеальной несжимаемой жидкости

Выводу уравнений динамики твердого тела, движущегося в безграничной идеальной несжимаемой среде, присоединенных масс.

Математическая модель газовой динамики

Интегральные и дифференциальные уравнения динамики идеального газа. Различные виды замыкающих соотношений - уравнений состояния, обосновывается выбор уравнения Менделеева-Клапейрона. Совершенный газ, политропный газ, коэффициенты теплоемкости, газовая постоянная, показатель адиабаты Пуассона, термодинамические потенциалы. Методология получения свойств для смесей газов.

Одномерное течение газа

Построение системы уравнений квазиодномерного движения политропного газа, интегралы движения для струйки тока, полные и статические значения параметров потока. Методы расчета течений газа в

трубопроводах, особенности одномерных течений - распространение характеристик потока, постановка граничных условий. Особенности одномерного неустановившегося течения газа, законы распространения характеристик трех семейств и выполняющиеся на них соотношения между параметрами. Особенности постановки граничных условий в зависимости от режима течения. методы расчета неустановившихся одномерных течений. Простые волны разрежения и сжатия, центрированные волны сжатия, условия возникновения ударной волны. Решение соответствующих одномерных задач.

Плоское установившееся движение газа

Особенности двумерных установившихся течений политропного газа, особенности течений возле поверхностей, метод характеристик для расчета плоских течений, методы расчета течений с ударными волнами. Особенности плоского установившегося сверхзвукового течения газа - наличие характеристик трех семейств и условия на них. Схема решения плоских течений при помощи анализа характеристик в плоскости годографа. Метод характеристик решения плоских задач безвихревого сверхзвукового течения газа. Алгоритм решения четырех типовых задач, на основе которых строится решение любых других.

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. Кузнецов, В. А. Основы гидрогазодинамики : учебное пособие / В. А. Кузнецов. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2012. — 108 с. — ISBN 978-5-361-00168-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/28374>

Дополнительная:

1. Гинзбург И. П. Прикладная гидрогазодинамика/И. П. Гинзбург.-Л.:Изд-во ЛГУ,1958.-338.

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

При освоении дисциплины использование ресурсов сети Интернет не предусмотрено.

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

Образовательный процесс по дисциплине **Гидрогазодинамика** 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».

Новый раздел

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
Гидрогазодинамика**

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

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.4 иметь базовые знания в области фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом в профессиональной сфере, для обработки и анализа данных наблюдений</p>	<p>В результате обучения студент должен знать базовые модели гидрогазодинамики, уметь проводить обработку полученных результатов, владеть методами анализа полученных результатов.</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не имеет знаний в области гидродинамики и газовой динамики. Не владеет понятийным и математическим аппаратом в указанных областях. Не умеет проанализировать поставленную задачу и результаты ее решения.</p> <p align="center">Удовлетворительн Имеет некоторые знания в области гидродинамики и газовой динамики. Слабо владеет понятийным и математическим аппаратом в указанных областях. Затрудняется проанализировать поставленную задачу и результаты ее решения.</p> <p align="center">Хорошо Имеет представления о задачах гидродинамики и газовой динамики. Умеет проанализировать решение поставленной задачи.</p> <p align="center">Отлично Имеет базовые знания в области гидродинамики и газовой динамики. Владеет понятийным и математическим аппаратом в указанных областях. Умеет проанализировать поставленную задачу и результаты ее решения.</p>
<p>ОПК.1 знать основные теории, учения и концепции в профессиональной области</p>	<p>Знать основные теории гидрогазодинамики. Уметь решать задачи в профессиональной области на основе классических задач гидрогазодинамики. Владеть методами постановки задач профессиональной области, используя полученные знания.</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не знает основные гипотезы и постулаты гидрогазодинамики. Не умеет правильно поставить математическую модель предложенной задачи. Не знает основные методы решения типовых задач. Не может проанализировать полученные результаты.</p> <p align="center">Удовлетворительн Испытывает затруднения при постановке математической модели предложенной</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>задачи. Имеет представления об основных методах решения типовых задач. Затрудняется проанализировать полученные результаты.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Имеет представления об основных гипотезах и постулатах гидрогазодинамики. Знает основные методы решения типовых задач. Может проанализировать полученные результаты.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает основные гипотезы и постулаты гидрогазодинамики. Умеет правильно поставить математическую модель предложенной задачи. Знает основные методы решения типовых задач. Может проанализировать полученные результаты.</p>
<p>ПК.13 способность использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач</p>	<p>В результате обучения студент должен знать основные законы гидрогазодинамики, уметь проводить расчеты классических задач гидрогазодинамики, владеть методами формулировки математической модели гидрогазодинамики по имеющимся входным данным.</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основные законы гидрогазодинамики. Не умеет проводить расчеты классических задач гидрогазодинамики, Не владеет методами формулировки математической модели гидрогазодинамики по имеющимся входным данным.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Имеет представление об основных законах гидрогазодинамики. Может проводить расчеты классических задач гидрогазодинамики,</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Знает основные законы гидрогазодинамики. Умеет проводить базовые расчеты классических задач гидрогазодинамики, Имеет представление о математических моделях гидрогазодинамики.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает основные законы гидрогазодинамики. Умеет проводить расчеты классических задач гидрогазодинамики, Владеет методами формулировки математической модели гидрогазодинамики по имеющимся входным данным.</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 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.1 знать основные теории, учения и концепции в профессиональной области ОПК.4 иметь базовые знания в области фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом в профессиональной сфере, для обработки и анализа данных наблюдений ПК.13 способность использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач	Одномерное установившееся движение идеальной несжимаемой жидкости Защищаемое контрольное мероприятие	Модели одномерной гидродинамики

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ОПК.1 знать основные теории, учения и концепции в профессиональной области</p> <p>ОПК.4 иметь базовые знания в области фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом в профессиональной сфере, для обработки и анализа данных наблюдений</p> <p>ПК.13 способность использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач</p>	<p>Математическая модель газовой динамики</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>Умение построить и исследовать математические модели газовой динамики.</p>
<p>ОПК.1 знать основные теории, учения и концепции в профессиональной области</p> <p>ОПК.4 иметь базовые знания в области фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом в профессиональной сфере, для обработки и анализа данных наблюдений</p> <p>ПК.13 способность использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач</p>	<p>Плоское установившееся движение газа</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>Умение описывать одномерные и плоские течения газа.</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

Одномерное установившееся движение идеальной несжимаемой жидкости

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

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

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

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Интегралы уравнений движения, квазиодномерные течения: система уравнений, различные формы интеграла Бернулли.	10
Гидростатика: уравнения равновесия, определение сил давления на плоские и криволинейные стенки.	7
Уравнения движения идеальной несжимаемой жидкости.	7
Условия на поверхности сильного разрыва.	3
Условия плавания тел.	3

Математическая модель газовой динамики

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

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

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

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Законы сохранения газовой динамики.	10
Условия на поверхности сильного разрыва.	7
Термодинамические свойства газов.	7
Сильные разрывы в газе.	3
Политропный совершенный газ.	3

Плоское установившееся движение газа

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

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

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

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Распространение поверхности разрыва.	10
Слабые разрывы в газе. Семейства характеристик.	10
Малые возмущения в газе. Дозвуковое и сверхзвуковое движения тела. Конус Маха.	10
Система интегралов движения газа. Параметры торможения.	7
Интеграл Бернулли.	3