

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**  
**Директор физтех-школы**  
**аэрокосмических технологий**  
**С.С. Негодяев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Механика жидкости и газа
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Фундаментальная и прикладная физика природных систем Физтех-школа Аэрокосмических Технологий центр образовательных программ ФАКТ
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Дифференцированный зачет  
2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 120 всего, в том числе:

лекции: 45 час.  
семинары: 75 час.  
лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 225, всего зач. ед.: 5

Количество контрольных работ, заданий: 4

Программу составили:

В.В. Жмур, д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор  
М.В. Березникова, канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент

Программа обсуждена на заседании центра образовательных программ ФАКТ 02.12.2024

## Аннотация

Дисциплина "Механика жидкости и газа" рассматривает следующие разделы: вывод общей системы уравнений гидродинамики, запись этой системы для различных наиболее распространенных моделей идеальной, вязкой, сжимаемой жидкости. В курсе особое внимание уделяется анализу размерностей, вопросам устойчивости, турбулентности течений,

Курс рассчитан на студентов математико-механических, физических факультетов университетов, технических звуков, специализирующихся в области гидрогазодинамики.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

- формирование базовых знаний по механике жидкости и газа для использования в областях и дисциплинах естественнонаучного профиля, формирование исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

### Задачи дисциплины

- дать студентам базовые знания в области механики жидкости и газа;
- научить студентов на примерах и задачах строить гидродинамические картины течений, самостоятельно анализировать полученные результаты.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-3 Способен проводить экспериментальные работы	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории современной механики;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов механики жидкости и газа;
- современные проблемы механики сплошных сред.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Анализ размерностей	15	5		15
2	Введение в МСС. Общие вопросы МСС. Теория идеальной жидкости	15	25		15
3	Вязкая жидкость	5	15		15
4	Сжимаемая жидкость	5	15		15
5	Устойчивость течений. Турбулентность	5	15		15
Итого часов		45	75		75
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		225 час., 5 зач.ед.			

## 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

### Семестр: 1 (Осенний)

#### 1. Анализ размерностей

Основные и производные единицы измерения. Системы единиц измерения. Класс систем единиц измерения. Размерность физической величины. Зависимые и независимые размерности. П-теорема. Задача Дж. Тейлора о сильном взрыве. Решение задач с помощью П-теоремы.

#### 2. Введение в МСС. Общие вопросы МСС. Теория идеальной жидкости

Элементы теории тензоров, определения, действия, инварианты, теорема Гаусса-Остроградского для тензоров.

Переменные Эйлера и Лагранжа. Скорость изменения характеристик жидкой частицы и жидкого объема. Интегральная запись законов сохранения. Сохранение массы, уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Закон сохранения импульса. Массовые и поверхностные силы. Свойства поверхностных сил. Формула Коши. Уравнение движения в напряжениях. Уравнения Эйлера. Баротропность.

Закон сохранения момента импульса. Симметрия тензора напряжений.

Вихревые теоремы. Теорема Томпсона о циркуляции. Теорема Лагранжа о сохранении потенциальности. Теоремы Гельмгольца о сохранении вихревых линий и интенсивности вихревых трубок. Теорема Фридмана, уравнение Фридмана-Гельмгольца.

Интегралы Коши-Лагранжа, Бернули.

Потенциальные движения. Свойства потенциала. Постановка задач об обтекании тел. Обтекание шара. Теорема Томпсона об энергии. Физический смысл потенциала. Задача Лаврентьева о взрыве. Двумерная гидродинамика, применение ТФКП. Функция тока, комплексный потенциал: однородный поток, источник, вихревая точка. Обтекание тел. Обтекание кругового цилиндра. Метод конформных отображений. Гидродинамические реакции на движущиеся тела. Формулы Блазиуса - Чаплыгина, теорема Жуковского. Обтекание пластины. Применение интеграла Шварца-Кристоффеля в задачах обтекания тел.

Волны на воде. Кинематическое и динамическое условия на свободной поверхности жидкости. Линейные волны. Волны в бассейне конечной глубины. Длинные, короткие волны. Длинные, слабодиспергирующие, слабонелинейные волны. Уравнение Кортевега де Вриза (КДВ). Уединенная и кноидальная волны. Вариационная формулировка теории гравитационных волн. Уравнения движения в форме Лагранжа. Волны Гестнера.

Задача о движении тел в идеальной жидкости. Присоединенные импульс и момент импульса. Тензор присоединенных масс. Уравнение движения шара.

### Семестр: 2 (Весенний)

#### 3. Вязкая жидкость

Тензор скоростей деформации. Связь тензоров напряжений и скоростей деформации. Ньютонова жидкость. Уравнения Навье-Стокса. Среда с другими реологическими соотношениями.

Точные решения уравнений вязкой жидкости: диффузия вихревого слоя и вихревой нити, течение Пуазейля, течение между двумя вращающимися цилиндрами. Течение в трубе эллиптического сечения.

Уравнения Навье-Стокса в безразмерном виде. Числа Струхала, Эйлера, Фруда, Рейнольдса. Подобие гидродинамических явлений.

Приближенные решения при малых  $Re$ . Приближение Стокса и Осеена. Обтекание шара.

Приближенные решения при больших  $Re$ . Терия погранслоя. Пример Фридрихса. Погранслои около полубесконечной пластины.

#### 4. Сжимаемая жидкость

Уравнения сохранения энергии и сохранения энтропии. Одномерная газовая динамика. Метод характеристик. Инварианты Римана. Задача о поршне. Преобразование годографа. Возникновение скачков. Решения с разрывом. Уравнение Бюргерса как модельное уравнение. Применение интегральных законов сохранения. Ударные волны в газовой динамике. Соотношения Гюгонио. Слабые и сильные ударные волны. Гидравлические скачки в теории мелкой воды. Связь теории мелкой воды и газовой динамики. Законы сохранения Бора. Модель структуры бора. Задача о сильном взрыве.

## 5. Устойчивость течений. Турбулентность

Уравнение Орра-Зоммерфельда для плоскопараллельных вязких течений. Поведение нейтральных кривых в плоскости основных параметров. Теорема Сквайра. Невязкая неустойчивость. Теоремы Релея. Возникновение турбулентности. Переходные процессы. Бифуркация Хоупфа. Сценарий Хоупфа: нормальная бифуркация, вторая нормальная бифуркация. Сценарий Ландау. Понятие о стохастичности и странных аттракторах и об их роли в возникновении турбулентности. Сценарий Рюэлля-Тakensa. Сценарий Фейгенбаума. Фрактальность турбулентности.

Развитая турбулентность. Осреднение. Уравнения Рейнольдса. Проблема замыкания. Простейшие способы замыкания. Энергетический подход. Диссипация и обмен энергией между средним и турбулентным движениями. Полуэмпирический подход Колмогорова, 1-b модель турбулентности. Логарифмический погранслой.

## 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система). Программные комплексы (учебные версии) Flow Vision, Solid Works.

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Лекции по гидроаэромеханике [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / С. В. Валландер ; С.-Петерб. гос. ун-т .— 2-е изд. — СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2005 .— 304 с.
2. Механика сплошной среды [Текст] : в 2 т. : учебник для вузов : рек. М-вом образования Рос. Федерации. Т. 1 / Л. И. Sedov ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова .— 6-е изд., стереотип. — СПб. : Лань, 2004 .— 528 с.
3. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т. Т. 6 : Гидродинамика : учеб. пособие для вузов : рек. М-вом образования Рос. Федерации / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского .— 5-е изд., стереотип. — 3-е изд., перераб. — М. : Физматлит, 1986, 1988, 2003, 2006 .— 736 с.
4. Теоретическая гидромеханика [Текст] : 2 ч. Ч. 2 : учеб. пособие для вузов / Н. Е. Кочин, И. А. Кибель, Н. В. Розе ; под ред. И. А. Кибеля .— 4-е изд., перераб. и доп. — М : Физматлит, 1963 .— 727 с.
5. Теоретическая гидромеханика [Текст] : 2 ч. Ч. 1 : учеб. пособие для вузов / Н. Е. Кочин, И. А. Кибель, Н. В. Розе ; под ред. И. А. Кибеля .— 6-е изд., испр. и доп. — М : Физматгиз, 1963 .— 583 с.

### Дополнительная литература

1. Механика жидкости и газа [Текст] = учебник для вузов / Л. Г. Лойцянский .— 5-е изд., перераб. — М. : Наука, 1973 .— 736 с.
2. Подземная гидромеханика [Текст] / К. С. Басниев [и др.] .— 2-е изд., испр. — М.; Ижевск : Ин-т компьютерных исследований, 2006 .— 488 с.
3. Линейные и нелинейные волны [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Дж. Уизем ; пер. с англ. В. В. Жаринова ; под ред. А. Б. Шабата .— М. : Мир, 1977 .— 622 с.

## 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

<http://lib.mipt.ru/> – электронная библиотека Физтех

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

В процессе практических занятий используются программные пакеты Flow Vision b Solid Works.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Успешное освоение курса «Механика жидкости и газа» требует большой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, семинаров, учебной и научной литературе);
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях;
- подготовку к контрольным, самостоятельным работам и тестам.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также индивидуальных консультаций.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Фундаментальная и прикладная физика природных систем Физтех-школа Аэрокосмических Технологий центр образовательных программ ФАКТ
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Экзамен

**Разработчики:**

В.В. Жмур, д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор  
М.В. Березникова, канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов
	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Механика жидкости и газа» обучающийся должен:

### знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории современной механики;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов механики жидкости и газа;
- современные проблемы механики сплошных сред.

### уметь:



- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

**владеть:**

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

### 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Перечень примерных контрольных вопросов для текущего контроля:

1. В чем состоит Задача Неймана? Перейти от задачи Неймана к задаче Дирихле.
2. Определить скорость жидкости в канале с переменным сечением. Если известны площади сечений  $S_1$ ,  $S_2$  и давления соответственно  $P_1$ ,  $P_2$
3. Пусть в точке  $A(x, y)$  расположен источник обильности  $q$ , в точке  $B$  сток  $-q$ , расстояние между ними  $l$ .  
Найти в предположении
4. В каких предположениях формулируется интеграл Коши - Лагранжа? Записать интеграл Коши Лагранжа? Где выполняется?
5. Написать в Эйлеровых переменных скорость изменения свойства  $A$  для жидкой частицы
6. Дать определение источнику, стоку дублету и привести соответствующий комплексный потенциал и картину течений.

Перечень примерных контрольных вопросов для текущего контроля в 9-ом семестре по разделу «Анализ размерностей»

1. Что называют размерностью физической величины?
2. Какие величины называются безразмерными?
3. Чему равна размерность безразмерной величины?
4. Как выражается размерность любой физической величины?
5. Решить задачу.

Струя идеальной жидкости радиуса  $r$  движется со скоростью  $V$ , плотностью  $\rho$ , ударяется о плоскость под углом  $\alpha$ , определить силу удара.

Перечень контрольных вопросов по разделу «Вязкая жидкость» в 10м семестре

1. Физический смысл тензора скоростей деформации.
2. Уравнение Навье-Стокса (полное).
3. Уравнение диффузии.
4. Рассмотреть плоское установившееся движение вязкой несжимаемой жидкости (точное решение уравнений Навье-Стокса) между двумя плоскостями, которое можно представить как предельный случай течения по призматической трубе прямоугольного сечения, если одну сторону прямоугольника устремить к бесконечности  
Считая известными следующие величины:  $2h$  – расстояние между плоскостями,  $\mu$  – динамическая вязкость,  $\Delta p$  – постоянный перепад давления по оси  $x$ , и используя граничные условия. Найти расход жидкости, приходящийся на ед. длины по  $z$

#### 4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень примерных контрольных вопросов для дифференцированного зачёта в 9-ом семестре

1. Что называют размерностью физической величины?
2. Какие величины называются безразмерными?
3. Чему равна размерность безразмерной величины?
4. Как выражается размерность любой физической величины?
5. Решить задачу.  
Струя идеальной жидкости радиуса  $r$  движется со скоростью  $V$ , плотностью  $\rho$ , ударяется о плоскость под углом  $\alpha$ , определить силу удара.
6. Уравнение неразрывности
7. Закон сохранения импульса
8. Потенциальные движения. Свойства потенциала
9. Обтекание тел
10. Задача о движении тел в идеальной жидкости.

Примерные вопросы к экзамену в 10 семестре:

1. Уравнения сохранения энергии и сохранения энтропии.
2. Основные и производные единицы измерения. Системы единиц измерения. Класс систем единиц измерения.
3. Пограничный слой около полубесконечной пластины.
4. Линейные волны. Волны в бассейне конечной глубины. Длинные, короткие волны.
5. Одномерная газовая динамика. Метод характеристик. Инварианты Римана.
6. Задача о движении тел в идеальной жидкости.
7. Возникновение скачков. Решения с разрывом. Уравнение Бюргерса как модельное уравнение.
8. Волны на воде. Кинематическое и динамическое условия на свободной поверхности жидкости.
9. Преобразование годографа.
10. Длинные, слабодиспергирующие, слабонелинейные волны. Уравнение Кортевега-де-Вриза

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Идеальная жидкость: Обтекание пластины.
2. Вязкая жидкость: Пограничный слой около полубесконечной пластины.

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

1. Идеальная жидкость: Волны на воде. Кинематическое и динамическое условия на свободной поверхности жидкости.
2. Сжимаемая жидкость: Уравнения сохранения энергии и сохранения энтропии.

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

1. Идеальная жидкость: Линейные волны. Волны в бассейне конечной глубины. Длинные, короткие волны.
2. Сжимаемая жидкость: Одномерная газовая динамика. Метод характеристик. Инварианты Римана.

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

1. Идеальная жидкость: Длинные, слабодиспергирующие, слабонелинейные волны. Уравнение Кортевега-де-Вриза (КДВ).

2. Анализ размерностей: Основные и производные единицы измерения. Системы единиц измерения. Класс систем единиц измерения.

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5

1. Идеальная жидкость: Уединенная и кноидальная волны.
2. Сжимаемая жидкость: Преобразование годографа.

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6

1. Идеальная жидкость: Задача о движении тел в идеальной жидкости.
2. Сжимаемая жидкость: Возникновение скачков. Решения с разрывом. Уравнение Бюргерса как модельное уравнение.

#### Критерии оценивания

оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов;

оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов;

оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов;

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он твердо знает материал экзаменационного билета, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

оценка «хорошо (6)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он знает материал экзаменационного билета, по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе много неточностей;

оценка «хорошо (5)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он знает материал экзаменационного билета, излагает его, умеет применять полученные знания на практике, не допускает в ответе грубых ошибок;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также, если во время ответа экзаменационного билета он показал фрагментарный, характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также, если во время ответа экзаменационного билета он показал разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушение логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «неудовлетворительно (2-1)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также, если во время ответа экзаменационного билета, он показал, что не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Порядок проведения контрольных работ/тестов:

Во время проведения контрольных работ/тестов обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, калькуляторами.

Порядок проведения дифференцированного зачета:

Дифференцированный зачет по механике жидкости и газа проводится по итогам текущей успеваемости: по результатам контрольных, самостоятельных работ/тестов по каждой теме. Также дифференцированный зачет проводится путем организации специального опроса в устной форме, если результатом выполнения контрольной работы является оценка неудовлетворительно или оценка отсутствует по уважительной причине.

Порядок проведения устного экзамена:

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзамена при подготовке ответов на билеты, обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами лекций, семинаров и любой другой литературой.

Во время проведения экзамена при ответе обучающегося на вопросы по билету или по программе дисциплины, он не может пользоваться конспектами лекций и семинаров и любой другой литературой.