

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт транспорта и логистики

Кафедра гидрогазодинамики

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института
транспорта и логистики

Быкадоров В.В.



«26» 02

2025 года

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по учебной дисциплине

«Механика жидкости и газа»

13.03.03 Энергетическое машиностроение

«Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика»

Разработчик:

докт. техн. наук, профессор

Сёмин Д. А.

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры гидрогазодинамика

от «14» января 2025г., протокол №3

Заведующий кафедрой

Мальцев Я.И.

Луганск – 2025 г.

**Комплект оценочных материалов по дисциплине
«Механика жидкости и газа»**

Задания закрытого типа

Задания закрытого типа на выбор правильного ответа

Выберите один правильный ответ

1. Какой из способов описания движения сплошной среды основан на отслеживании траектории каждой частицы:

- А) Эйлера
- Б) Лагранжа
- В) смешанный
- Г) статистический

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

2. Что характеризует линия тока в жидкости:

- А) траекторию движения одной частицы жидкости
- Б) направление скорости частиц жидкости в данный момент времени
- В) границу между различными слоями жидкости
- Г) линию равного давления в жидкости

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

3. Что такое вихревая трубка:

- А) поверхность, образованная вихревыми линиями
- Б) линия, касательная к которой в каждой точке совпадает с направлением вихря
- В) объём, заполненный вихревыми линиями
- Г) множество вихревых линий, проходящих через замкнутый контур

Правильный ответ: Г

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

4. Что выражает уравнение движения сплошной среды в напряжениях:

- А) закон сохранения массы
- Б) закон сохранения энергии
- В) закон сохранения импульса
- Г) закон сохранения момента импульса

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

Задания закрытого типа на установление соответствия

Установите правильное соответствие. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

1.

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1) $W(z) = Uz$ | А) Вихрь |
| 2) $W(z) = \frac{Q}{2\pi} \log(z)$ | Б) Диполь |
| 3) $W(z) = \frac{m}{2\pi} \frac{1}{z^2}$ | В) Источник |
| 4) $W(z) = \frac{\Gamma}{2\pi} \log(z)$ | Г) Плоскопараллельное течение |

Правильный ответ:

1	2	3	4
Г	В	А	Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

2.

- | | |
|--|--|
| 1) Циркуляция скорости
Теорема Стокса | А) Течение, в котором вихрь скорости не равен нулю
Интеграл от скалярного произведения вектора скорости на вектор элемента дуги по замкнутому контуру |
| 2) Потенциальное течение | Б) Течение, в котором циркуляция скорости по любому замкнутому контуру равна нулю |
| 3) Вихревое течение | В) Связь циркуляции скорости по замкнутому контуру и потока вихря через поверхность, ограниченную этим контуром |
| 4) | Г) |

Правильный ответ:

1	2	3	4
Б	Г	В	А

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

3.

- | | |
|----------------|--|
| 1) Линия тока | А) Множество вихревых линий, проходящих через замкнутый контур |
| 2) Трубка тока | Б) Линия, касательная к которой в каждой точке совпадает с направлением скорости |

- | | |
|--------------------|---|
| 3) Вихревая линия | В) Линия, касательная к которой в каждой точке совпадает с направлением вихря |
| 4) Вихревая трубка | Г) Множество линий тока, проходящих через замкнутую линию |

Правильный ответ:

1	2	3	4
Б	Г	В	А

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

4.

- | | |
|---------------------------|--|
| 1) Напряжение | А) Напряжение, направленное перпендикулярно поверхности |
| 2) Тензор напряжений | Б) Матрица, характеризующая распределение напряжений в точке |
| 3) Нормальное напряжение | В) Сила, действующая на единицу площади |
| 4) Касательное напряжение | Г) Напряжение, направленное параллельно поверхности |

Правильный ответ:

1	2	3	4
В	Б	А	Г

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

Задания закрытого типа на установление правильной последовательности

Установите правильную последовательность.

Запишите правильную последовательность букв слева направо.

1. Установите правильную последовательность этапов для вычисления циркуляции скорости по замкнутому контуру:

- А) вычисление скалярного произведения вектора скорости на вектор элемента дуги
- Б) определение вектора скорости в каждой точке контура
- В) вычисление интеграла по всему контуру
- Г) выбор замкнутого контура
- Д) определение вектора элемента дуги

Правильный ответ: Г, Б, Д, А, В

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

2. Установите правильную последовательность этапов вывода уравнения неразрывности:

- А) выражение потока массы через поверхность контрольного объема через плотность и скорость
- Б) применение закона сохранения массы

В) рассмотрение баланса массы, входящей и выходящей из контрольного объема
Г) переход к дифференциальной форме уравнения
Правильный ответ: В, Б, А, Г
Компетенции (индикаторы): ОПК-3

3. Установите правильную последовательность шагов для определения напряжений в точке:
А) вычисление напряжения как отношения силы к площади
Б) определение вектора нормали к площадке
В) определение вектора силы, действующей на площадку
Г) выбор элементарной площадки вокруг точки
Правильный ответ: Г, Б, В, А
Компетенции (индикаторы): ОПК-3

4. Установите правильную последовательность шагов для доказательства теоремы о взаимности касательных напряжений:
А) рассмотрение равновесия элементарного объема
Б) запись уравнений равновесия моментов относительно осей координат
В) применение условия отсутствия моментных напряжений
Г) получение соотношений между касательными напряжениями
Правильный ответ: А, Б, В, Г
Компетенции (индикаторы): ОПК-3

Задания открытого типа

Задания открытого типа на дополнение

Напишите пропущенное слово (словосочетание).

1. При рассмотрении задач механики сплошных сред, размер рассматриваемой области должен быть значительно _____, чем размер молекул.
Правильный ответ: больше.
Компетенции (индикаторы): ОПК-3

2. _____ является векторной характеристикой, определяющей интенсивность и направление вращения жидкости в данной точке.
Правильный ответ: Вихрь скорости.
Компетенции (индикаторы): ОПК-3

3. Согласно теореме Гельмгольца, вихревые линии не могут _____ или _____ в жидкости.
Правильный ответ: начинаться, заканчиваться.
Компетенции (индикаторы): ОПК-3

4. Течение называется _____, если вихрь скорости в любой точке не равен нулю.

Правильный ответ: вихревым.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

Задания открытого типа с кратким свободным ответом

Напишите пропущенное слово (словосочетание)

1. При _____ способе описания движения сплошной среды мы рассматриваем скорость и другие характеристики среды как функции координат и времени.

Правильный ответ: Эйлеровом.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

2. При _____ способе описания движения сплошной среды отслеживается движение каждой частицы в отдельности.

Правильный ответ: Лагранжевом.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

3. _____ представляет собой множество вихревых линий, проходящих через замкнутый контур.

Правильный ответ: Вихревая трубка.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

4. Уравнение неразрывности выражает закон _____.

Правильный ответ: сохранения массы

.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

Задания открытого типа с развернутым ответом

1. Выведите уравнение неразрывности:

Дан поток жидкости плотностью ρ .

Вывести уравнение неразрывности.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 45 мин.

Ожидаемый результат:

Выделим в движущейся жидкости некоторый движущийся жидкий объем V . Запишем, что масса M этого объема во все время движения остается неизменной. Если ввести в рассмотрение массовую плотность жидкости ρ , вообще говоря, различную в разных точках, то массу выделенного объема можно выразить в виде произведения $\rho_{cp}V$, где ρ_{cp} есть некоторая средняя в пределах объема V массовая плотность.

Постоянство массы M во времени t можно записать в такой форме:

$$\frac{d(\rho_{cp}V)}{dt} = 0,$$

или так как переменными являются здесь и плотность жидкости, и величина выделенного объема, то

$$V \frac{d\rho_{cp}}{dt} + \rho_{cp} \frac{dV}{dt} = 0.$$

Разделим это уравнение почленно на массу объема, т. е. на произведение $\rho_{cp}V$; тогда получим:

$$\frac{1}{\rho_{cp}} \frac{d\rho_{cp}}{dt} + \frac{1}{V} \frac{dV}{dt} = 0$$

Величина dV представляет собой изменение первоначально выделенного объема V и является, следовательно, величиной объемной деформации. Отношение dV/V можно рассматривать как относительную объемную деформацию (т.е. отнесенную к единице объема).

Второе слагаемое в левой части последнего равенства представляет собой скорость относительной объемной деформации. Аналогично первое слагаемое можно рассматривать как скорость относительного изменения средней плотности. Сумма этих двух скоростей должна быть всегда равна нулю; если, например, скорость объемной деформации положительна по знаку (объем увеличивается), то скорость изменения плотности есть величина отрицательная (плотность уменьшается с течением времени), и наоборот.

Последнее уравнение, однако, не совсем удобно, так как содержит не вполне определенную величину ρ_{cp} , зависящую от произвольно выбранного V . Для того чтобы получить уравнение, свободное от этого случайного элемента и вместе с тем такое, которое характеризовало бы движение жидкости в данной точке, перейдем в последнем уравнении к пределу, уменьшая объем V до нуля и стягивая его при этом к некоторой внутренней его точке. В пределе при $V \rightarrow 0$, получим:

$$\frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dt} + \lim_{V \rightarrow 0} \frac{1}{V} \frac{dV}{dt} = 0.$$

Здесь ρ есть плотность в той точке, к которой стягивается объем V , а второе слагаемое есть относительная скорость объемной деформации в той же точке. Последнее уравнение (в отличие от предыдущего) не зависит ни от величины, ни от формы первоначально выделенного объема и относится не к объему, а к данной точке в жидкости.

Ответ: $\frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dt} + \lim_{V \rightarrow 0} \frac{1}{V} \frac{dV}{dt} = 0$

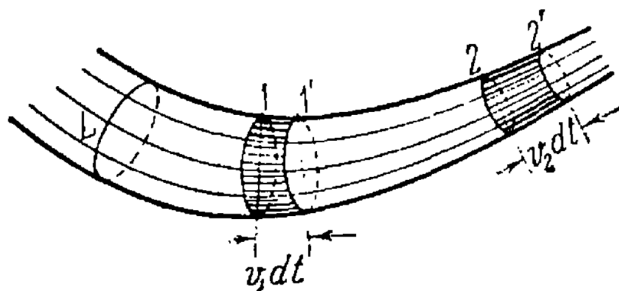
Критерии оценивания:

– нахождение выражения для уравнения неразрывности.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

2. Выведите уравнение расхода:

Дан элементарный замкнутый контур L (смотри рисунок), мысленно проведенный в жидкой среде.



Выведите уравнение расхода для стационарной струйки несжимаемой жидкости.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 60 мин.

Ожидаемый результат:

Выделим в жидкости объем W двумя произвольными поперечными сечениями 1 и 2 и боковой поверхностью струйки (как показано на рисунке). Запишем уравнение неразрывности движения в виде:

$$\frac{dM}{dt} = 0.$$

где M есть масса объема W . За время Δt сечения 1 и 2 сдвинутся вдоль струйки и займут новые положения, которые мы обозначим соответственно через 1' и 2'. Объем 1'2' можно получить из первоначального объема 12, если к 12 прибавить объем 22' и вычесть объем 11'.

В общем случае изменение массы объема 12 происходит от трех причин: во-первых, от прибавления объема 22', во-вторых от вычитания объема 11' и, в-третьих, от изменения плотности за время Δt в общей части обоих положений объема, т.е. в объеме 1'2'. Но если движение является установившимся, т.е. величины, характеризующие движение в данной точке, и, в частности, плотность, не зависят от времени, то третья причина отпадает и остаются лишь первые две.

$$\Delta M = M_{22'} - M_{11'} = \rho_2^{cp} \Delta W_{22'} - \rho_1^{cp} \Delta W_{11'},$$

где ρ_1^{cp} есть средняя плотность в объеме 11', а ρ_2^{cp} — средняя плотность в объеме 22'; величины этих объемов обозначены через ΔW , а массы — через ΔM с соответствующими индексами. Каждый из этих объемов, ввиду малости Δt , можно вычислить как объем цилиндра, у которого основанием служит поперечное сечение струйки, а высотой — пройденный сечением путь. Ввиду малых размеров поперечных сечений струйки скорости всех точек одного и того же поперечного сечения можно предположить одинаковыми и, следовательно, сечения 1' и 2', так же как исходные, будут плоскими сечениями. Обозначим скорость сечения 1 через V_1 площадь его — через S_1 , а скорость и площадь сечения 2 — теми же соответственно буквами с индексами 2; тогда объем 11' запишется в виде $V_1 S_1 \Delta t$, а объем 22' — в виде $V_2 S_2 \Delta t$.

Изменение массы будет равно:

$$\Delta M = \rho_1^{cp} V_1 S_1 \Delta t - \rho_2^{cp} V_2 S_2 \Delta t.$$

Деля на Δt и устремляя его к нулю, получим уравнение неразрывности движения для элементарной струйки:

$$\frac{dM}{dt} = \rho_1 V_1 S_1 - \rho_2 V_2 S_2 = 0,$$

где ρ_2 и ρ_1 означают плотности соответственно в сечениях 2 и 1.

Последнее уравнение можно также записать в виде:

$$\rho_1 V_1 S_1 = \rho_2 V_2 S_2$$

или, поскольку сечения 1 и 2 были взяты произвольно, то

$$\rho V S = \text{const}.$$

Если представить себе, что поперечное сечение струйки неподвижно, а жидкость течет сквозь него, то произведение $\rho V S$ можно рассматривать как массу жидкости, протекающую через сечение в единицу времени. Эта величина называется массовым расходом жидкости через площадку S и m :

$$m = \rho V S$$

Ответ: $m = \rho V S$.

Критерии оценивания:

– нахождение уравнения расхода.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

3. Выведите уравнение неразрывности в прямоугольной декартовой системе координат:

Дан поток жидкости плотностью ρ .

Вывести уравнение неразрывности в прямоугольной декартовой системе координат.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 60 мин.

Ожидаемый результат:

Дадим декартовым координатам x , y , z произвольно выбранной, движущейся точки M_0 малые приращения, которые обозначим соответственно через Δx , Δy , Δz проводя через крайние точки этих отрезков координатные плоскости, выделим элементарный движущийся объем, который, очевидно, будет иметь форму прямоугольного параллелепипеда.

Вычислим для выделенного таким образом элементарного объема величину $\frac{1}{W} \frac{dW}{dt}$, а затем предел этой величины: $\lim_{W \rightarrow 0} \frac{1}{W} \frac{dW}{dt}$. Изменение ΔW выделенного

объема происходит вследствие того, что в данный момент времени разные точки его имеют разные скорости, так как вообще в жидкости скорость есть функция координат точки и времени.

Если мы обозначим скорость в точке M_0 через V , а ее составляющие по осям координат соответственно через V_x , V_y , V_z , то, например, в точке M_1 скорость будет, вообще говоря, равна $V + \Delta V$, а ее составляющие по осям координат:

$V_x + \Delta V_x$, $V_y + \Delta V_y$, $V_z + \Delta V_z$. Изменение объема элемента будет происходить только от составляющих скорости, перпендикулярных к соответствующим граням. Например, от движения правой грани элемента произойдет за время Δt приращение объема, равное $(V_x + \Delta V_x)\Delta t \Delta y \Delta z$ (в связи с малыми размерами грани мы приближенно считаем скорость во всех ее точках равной скорости в точке M_1). Аналогично от движения левой грани произойдет за то же время Δt уменьшение (при положительном V_x) первоначально выделенного объема, равное $V_x \Delta t \Delta y \Delta z$. Изменение объема за время Δt от движения левой и правой граней равно:

$$(V_x + \Delta V_x)\Delta t \Delta y \Delta z - V_x \Delta t \Delta y \Delta z = \Delta V_x \Delta t \Delta y \Delta z.$$

Аналогично найдем, что от движения нижней и верхней граней произойдет изменение объема, равное $V_y \Delta t \Delta x \Delta z$, а от движения задней и передней граней — изменение объема, равное $V_z \Delta t \Delta x \Delta y$.

Полное изменение объема за время Δt равно:

$$\Delta W = (\Delta V_x \Delta y \Delta z + \Delta V_y \Delta x \Delta z + \Delta V_z \Delta x \Delta y) \Delta t.$$

Так как первоначально выделенный объем равен $W = \Delta x \Delta y \Delta z$, то скорость относительной объемной деформации получается равной:

$$\frac{1}{W} \frac{dW}{dt} = \frac{\Delta V_x}{\Delta x} + \frac{\Delta V_y}{\Delta y} + \frac{\Delta V_z}{\Delta z}.$$

Это выражение, как уже указывалось, приближенное, так как при его выводе предполагалось, что во всех точках каждой грани нормальная к ней составляющая скорости есть величина постоянная; кроме того, оно относится к элементу, имеющему малые, по произвольные размеры Δx , Δy , Δz . Чем меньше эти размеры, тем ближе к действительности предположение о том, что во всех точках одной и той же грани скорость имеет одинаковую величину. В пределе при $\Delta x \rightarrow 0$, $\Delta y \rightarrow 0$, $\Delta z \rightarrow 0$ мы получим точное выражение для скорости относительной объемной деформации в точке M_0 , и это выражение не будет зависеть от произвольно взятых размеров исходного параллелепипеда:

$$\lim_{\substack{W \rightarrow 0 \\ x \rightarrow 0 \\ y \rightarrow 0 \\ z \rightarrow 0}} \frac{1}{W} \frac{dW}{dt} = \lim_{\substack{x \rightarrow 0 \\ y \rightarrow 0 \\ z \rightarrow 0}} \left(\frac{\Delta V_x}{\Delta x} + \frac{\Delta V_y}{\Delta y} + \frac{\Delta V_z}{\Delta z} \right) = \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z}.$$

При переходе к пределу мы получили здесь частные производные потому, что каждое приращение скорости происходило только от изменения одной-переменной при постоянных значениях всех остальных переменных; так, например, ΔV_x есть приращение составляющей V_x при переходе от точки M_0 к точке M_1 здесь переменная x получила приращение Δx , все же остальные переменные y , z и t оставались при этом без изменений.

Подставляя последнее выражение для скорости объемной деформации в общее уравнение, получим уравнение неразрывности движения в декартовой прямоугольной системе координат:

$$\frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dt} + \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0.$$

Ответ: $\frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dt} + \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0.$

Критерии оценивания:

– нахождение выражения для уравнения неразрывности в прямоугольной декартовой системе координат.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

4. Дайте объяснение понятию Линия тока:

Задано поле скоростей потока жидкости, соответствующее какому-нибудь определенному моменту времени $t = t_0$:

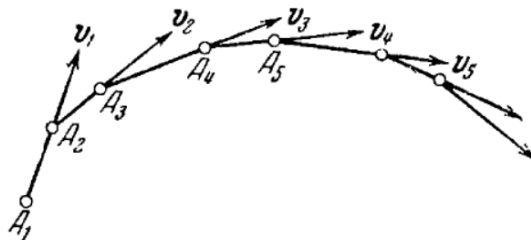
Требуется вывести понятие линии тока.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 30 мин.

Ожидаемый результат:

Общая картина течения в момент t_0 получится, если провести линии в потоке, совпадающие с направлением вектора скорости. Точнее говоря, надо поступить следующим образом. Пусть при $t = t_0$ в точке A_1 вектор скорости равен V_1 . Возьмем точку A_2 соседнюю с A_1 и находящуюся на векторе V_1 ; пусть при $t = t_0$ вектор скорости в точке A_2 равен V_2 . Пусть, далее, в точке A_3 , соседней с A_2 и находящейся на V_2 , вектор скорости в тот же момент времени равен V_3 и т. д. Переходя, таким образом, от одной точки в потоке к другой, соседней с первой и находящейся на ее векторе скорости, мы получим ломаную линию, состоящую из отрезков векторов скорости.



Если теперь все стороны этой ломаной линии одновременно уменьшать до нуля и количество их увеличивать до бесконечности, то в пределе получится линия, которая в каждой точке является касательной к вектору скорости; по отношению ко всему семейству векторов она является огибающей. Это и будет линия тока.

Таким образом, линия тока представляет собой огибающую векторов скорости в разных точках потока, взятых в один и тот же для всех точек момент времени $t = t_0$. Через каждую точку в потоке можно провести мысленно только одну линию тока.

Ответ: линия тока представляет собой огибающую векторов скорости в разных точках потока, взятых в один и тот же для всех точек момент времени $t = t_0$.

Критерии оценивания:

— выведение понятия линии тока.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

Экспертное заключение

Представленный фонд оценочных средств (далее - ФОС) по дисциплине «Механика жидкости и газа» соответствует требованиям ГОС ВО.

Предлагаемые формы и средства текущего и промежуточного контроля адекватны целям и задачам реализации основной образовательной программы по направлению подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающегося представлены в полном объеме.

Виды оценочных средств, включенные в представленный фонд, отвечают основным принципам формирования ФОС.

Разработанный и представленный для экспертизы фонд оценочных средств рекомендуется к использованию в процессе подготовки бакалавров, по указанному направлению.

Председатель учебно-методической
комиссии института транспорта и логистики



Е.И. Иванова

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)