

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

«Компьютерное моделирование кавитации»
01.04.03 Механика и математическое моделирование
«Компьютерная аэрогидродинамика»

Разработчик:

канд. техн. наук, доцент М Мальцев Я.И.

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры гидрогазодинамика

от «14» января 2025г., протокол №3

Заведующий кафедрой М Мальцев Я.И.

Луганск – 2025 г.

**Комплект оценочных материалов по дисциплине
«Компьютерное моделирование кавитации»**

Задания закрытого типа

Задания закрытого типа на выбор правильного ответа

1. Выберите один правильный ответ

Что такое кавитация:

- А) Явление образования льда в воде
- Б) Явление образования пузырьков газа в жидкости при высоком давлении
- В) Явление образования вихрей в жидкости
- Г) Явление образования пузырьков пара в жидкости при низком давлении

Правильный ответ: Г

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

2. Выберите один правильный ответ

Что утверждает первое условие Бриллюена:

- А) давление в каверне равно давлению насыщенного пара жидкости
- Б) скорость на поверхности каверны равна нулю
- В) циркуляция скорости вокруг каверны равна нулю
- Г) касательное напряжение на поверхности каверны равно нулю

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

3. Выберите один правильный ответ

Что такое парадокс Бриллюена:

- А) невозможность одновременного выполнения первого и второго условий Бриллюена
- Б) невозможность существования кавитационной каверны
- В) отсутствие подъемной силы при обтекании профиля
- Г) несоответствие теоретических результатов экспериментальным

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

4. Выберите один правильный ответ

Какая из кавитационных схем рассматривает обтекание пластины, при котором каверна выходит на бесконечность:

- А) схема Эфроса
- Б) схема Тулина-Терентьева
- В) схема Кирхгофа
- Г) схема Рамзина

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

Задания закрытого типа на установление соответствия

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

- | | |
|---|--|
| 1) Обратная задача кавитационного обтекания | А) Область, заполненная паром или газом, образовавшаяся в жидкости при кавитации |
| 2) Условие согласования | Б) Определение формы гидропрофиля при заданной форме каверны |
| 3) Метод вычисления интеграла | В) Равенство давления в каверне и на поверхности обтекаемого тела |
| 4) Каверна | Г) Метод решения сингулярных интегралов |

Правильный ответ:

1	2	3	4
Б	В	Г	А

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

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

- | | |
|---|---|
| 1) Формулы Леви-Чивиты | А) Описывает зависимость скорости от давления в потоке жидкости |
| 2) Асимптотическое поведение струй на бесконечности | Б) Определяют силы, действующие на криволинейное препятствие |
| 3) Формула Чаплыгина | В) Силы, возникающие из-за разности давлений |
| 4) Силы давления | Г) Струи на бесконечности параллельны друг другу |

Правильный ответ:

1	2	3	4
Б	Г	А	В

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

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

- | | |
|---|--|
| 1) Теорема об изменении количества движений | А) Описывает связь между силой, действующей на тело, и изменением количества движения струи |
| 2) Струйное обтекание | Б) Количество жидкости, протекающее через поперечное сечение струи в единицу времени |
| 3) Расход струи | В) Обтекание тела, при котором поток разделяется на отдельные струи |
| 4) Формула сопротивления | Г) Выражение для определения силы сопротивления, действующей на тело при обтекании струей жидкости |

Правильный ответ:

1	2	3	4
А	В	Б	Г

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

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

- | | |
|------------------------------|---|
| 1) Метод Леви-Чивиты | А) Задача определения решения дифференциального уравнения с заданными граничными условиями |
| 2) Параметрическая плоскость | Б) Метод решения задач обтекания тел, основанный на переходе к параметрической плоскости |
| 3) Краевая задача | В) Плоскость, в которой решается более простая задача обтекания после применения параметризации Леви-Чивиты |
| 4) Условие гладкого отрыва | Г) Условие отсутствия разрыва производной давления в точке отрыва |

Правильный ответ:

1	2	3	4
Б	В	А	Г

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

Задания закрытого типа на установление правильной последовательности

1. Установите правильную последовательность этапов решения задачи о натекании струи на плоскую стенку:

- А) Определение формы струи после взаимодействия со стенкой
- Б) Применение теоремы об изменении количества движений для определения силы, действующей на стенку

В) Определение скорости и давления в струе
Г) Определение граничных условий на свободной поверхности струи
Правильный ответ: В, Г, А, Б
Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

2. Установите правильную последовательность шагов для расчета силы, действующей на криволинейное препятствие с помощью формул Леви-Чивиты:
А) определение коэффициентов разложения аналитической функции в ряд
Б) выбор параметров для описания формы препятствия
В) применение формул Леви-Чивиты
Г) решение краевой задачи в параметрической плоскости
Правильный ответ: Б, Г, А, В
Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

3. Установите правильную последовательность этапов решения обратной задачи кавитационного обтекания:
А) Определение комплексного потенциала
Б) Определение граничных условий на каверне и поверхности профиля
В) Решение краевой задачи
Г) Применение метода вычисления интеграла для нахождения профиля
Правильный ответ: Б, А, В, Г
Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

4. Установите правильную последовательность этапов развития кавитации:
А) снижение давления в жидкости
Б) образование пузырьков пара
В) рост пузырьков
Г) коллапс пузырьков (при повышении давления)
Правильный ответ: А, Б, В, Г
Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

Задания открытого типа

Задания открытого типа на дополнение

1. Напишите пропущенное слово (словосочетание).
В обратной задаче задается форма _____.
Правильный ответ: каверны.
Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

2. Напишите пропущенное слово (словосочетание).
_____ возникает из-за противоречия между первым и вторым условиями Бриллуена.
Правильный ответ: Парадокс Бриллуена.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

3. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

Обтекание пластины по схеме _____ предполагает, что каверна выходит на бесконечность.

Правильный ответ: Тулина-Терентьева.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

4. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

Первое условие Бриллюена утверждает, что давление в каверне равно давлению _____ пара жидкости.

Правильный ответ: насыщенного.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

Задания открытого типа с кратким свободным ответом

1. Метод Леви-Чивиты основан на переходе к _____.

Правильный ответ: параметрической плоскости / параметрически заданной плоскости.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

2. Теорема об изменении количества движений связывает силу, действующую на тело, с _____ струи.

Правильный ответ: изменением количества движения / изменением импульса.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

3. Во второй части метода Леви-Чивиты решается _____ для аналитической функции.

Правильный ответ: краевая задача / граничная задача.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

4. В обратной задаче кавитационного обтекания необходимо определить форму _____.

Правильный ответ: гидропрофиля / гидравлического профиля / профиля.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

Задания открытого типа с развернутым ответом

1. Сила набегающей струи:

Пусть струя жидкости с плотностью ρ и скоростью U направлена на плоскую вертикальную стенку.

Требуется найти силу, действующую на стенку, и расчет расхода жидкости.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 30 мин.

Ожидаемый результат:

Установим, что струя имеет частоту или расход Q , который можно рассчитать по формуле: $Q = A \cdot U$, где A — площадь поперечного сечения струи.

Согласно теореме об изменении количества движений, сила F , действующая на стенку, может быть вычислена как: $F = \dot{m} \cdot \Delta v$. Здесь $\dot{m}$ - это производная массы (массовый поток), который равен ρQ : $\dot{m} = \rho Q = \rho(A \cdot U)$.

Учитывая, что струя, ударяясь о стену, останавливается, изменение скорости равно начальной скорости: $\Delta v = U$.

Подставив значения в уравнение для силы: $F = \rho(A \cdot U) \cdot U = \rho A U^2$. Таким образом, сила, действующая на плоскую стенку, равна $\rho A U^2$, а расход жидкости через стенку равен: $Q = A U$.

Ответ: $F = \rho A U^2$

Критерии оценивания:

– нахождение силы, действующей на плоскую стенку.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

2. Полное решение задачи о натекании струи на плоскую стенку:

Пусть струя жидкости с плотностью ρ и скоростью U направлена на плоскую стенку.

Определите распределение давления на стенке.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 30 мин.

Ожидаемый результат:

Запишем уравнение Бернулли для двух точек: одну в струе и одну на стенке:

$$p + \frac{1}{2} \rho U^2 = p_w + \frac{1}{2} \rho (0)^2.$$

где p_w - давление на стенке, а p - давление в струе.

Предположим, что в струе давление p = атмосферное:

$$p = p_0.$$

В этом случае уравнение преобразуется:

$$p_0 + \frac{1}{2} \rho U^2 = p_w.$$

Отсюда: $p_w = p_0 + \frac{1}{2} \rho U^2$.

Давление на стенке будет выше атмосферного на величину динамического давления потока. Таким образом, распределение давления на стенке обозначается как:

$$p_w = p_0 + \frac{1}{2} \rho U^2.$$

Ответ: $p_w = p_0 + \frac{1}{2} \rho U^2$.

Критерии оценивания:

– нахождение распределения давления на стенке.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

3. Обтекание криволинейных препятствий. Параметризация Леви-Чивиты:

Покажите, что поток жидкости обтекает криволинейное препятствие, используя параметры Леви-Чивиты, рассчитайте силу, действующую на него.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 30 мин.

Ожидаемый результат:

Вводим параметризацию кривой C как заданные функции $x(s)$ и $y(s)$, где s – параметр (длина арки).

Нормали к кривой могут быть вычислены через производные:

$$n_x = \frac{dy}{ds}, \quad n_y = -\frac{dx}{ds}.$$

Используем формулу для расчета силы, действующей на криволинейное препятствие:

$$F = \int_C \rho(\mathbf{u} \cdot \mathbf{n}) ds.$$

где $\mathbf{u}$ – скорость потока, $\mathbf{n}$ – единичный вектор нормали к экрану.

Если скорость потока постоянна, то сила на криволинейном препятствии будет определяться произведением плотности, скорости, площади и угла атаки:

$$F = \rho Q V_{\perp}.$$

где $V_{\perp}$ – компонента скорости, направленная перпендикулярно к границе.

Ответ: $F = \rho Q V_{\perp}$.

Критерии оценивания:

– нахождение силы, действующей на преграду.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

4. Условия гладкого отрыва Бриллюена-Вилла:

Требуется определить условия гладкого отрыва потока жидкости по критериям Бриллюена-Вилла на криволинейном препятствии.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 30 мин.

Ожидаемый результат:

Для определения отрыва потока необходимо учитывать число Рейнольдса Re , которое определяется как:

$$Re = \frac{\rho UL}{\mu},$$

где L – характерный размер, μ – вязкость жидкости.

При достижении определенного критического числа Рейнольдса Re_c поток начинает отклоняться и может произойти отрыв.

Для гладкого отрыва угловое изменение потока θ должно быть достаточно малым:

$$\theta < \theta_c.$$

Если угол поворота границы меньше критического, поток остается прикрепленным.

Можно также определить, что $\frac{dV}{dx} < C \cdot \sqrt{Re}$ - общее условие для гладкого отрыва.

Ответ: $\frac{dV}{dx} < C \cdot \sqrt{Re}$

Критерии оценивания:

– нахождение общего условия для гладкого отрыва.

Компетенции (индикаторы): ОПК-2, ПК-1

Форма листа изменений и дополнений, внесенных в ФОС

Лист изменений и дополнений

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

Экспертное заключение

Представленный фонд оценочных средств (далее - ФОС) по дисциплине «Компьютерное моделирование кавитации» соответствует требованиям ГОС ВО.

Предлагаемые формы и средства текущего и промежуточного контроля адекватны целям и задачам реализации основной образовательной программы по направлению подготовки 01.04.03 Механика и математическое моделирование.

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 магистров, 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)