

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.

«16» 02

2025 года

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по учебной дисциплине

«Экспериментальные методы в гидроаэродинамике»
01.03.03 Механика и математическое моделирование
«Механика деформируемых тел и сред»

Разработчик:

канд. техн. наук, доцент  Бугаенко В.В.

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
«Экспериментальные методы в гидроаэродинамике»**

Задания закрытого типа

Задания закрытого типа на выбор правильного ответа

Выбрать один правильный ответ

1. Отношение давления торможения к давлению в потоке имеет вид:

А) $\frac{p_0}{p} = \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2\right)^{\frac{1}{k-1}};$

Б) $\frac{p_0}{p} = \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2\right)^{\frac{k}{k+1}};$

В) $\frac{p_0}{p} = \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2\right)^{\frac{k}{k-1}};$

Г) $\frac{p_0}{p} = \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2\right)^{\frac{1}{k+1}}.$

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

2. Уравнение для определения массового расхода газа имеет вид:

А) $Q_m = \varepsilon F_0 \sqrt{2\rho(p_1 - p_2)};$

Б) $Q_m = \alpha F_0 \sqrt{2\rho(p_1 - p_2)};$

В) $Q_m = \alpha \varepsilon F_0 \sqrt{2\rho(p_1 - p_2)};$

Г) $Q_m = \alpha \varepsilon F_0 \sqrt{\frac{2}{\rho}(p_1 - p_2)};$

Д) $Q_m = \alpha \varepsilon F_0 \sqrt{2\rho(p_2 - p_1)};$

Правильный ответ: В.

Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

3. Отношение плотности изэнтропически заторможенного потока к плотности в потоке имеет вид:

$$\text{А) } \frac{\rho_0}{\rho} = \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2\right)^{\frac{1}{k-1}};$$

$$\text{Б) } \frac{\rho}{\rho_0} = \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2\right)^{\frac{1}{k-1}}$$

$$\text{В) } \frac{\rho_0}{\rho} = \left(1 - \frac{k-1}{2} M^2\right)^{\frac{1}{k-1}};$$

$$\text{Г) } \frac{\rho_0}{\rho} = \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2\right)^{\frac{k}{k-1}}.$$

Правильный ответ: А.

Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

4. Формула для определения критической скорости звука имеет вид:

$$\text{А) } a_{кр} = \sqrt{\frac{2}{k+1} RT_0};$$

$$\text{Б) } a_{кр} = \sqrt{\frac{2k}{k-1} RT_0};$$

$$\text{В) } a_{кр} = \sqrt{\frac{2k}{k+1} RT_0};$$

$$\text{Г) } a_{кр} = \sqrt{\frac{k}{k+1} RT_0}.$$

Правильный ответ: В.

Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

Выберите все правильные варианты ответов

5. Перечислите условия однозначности, используемые при экспериментальных исследованиях:

А) Геометрические;

Б) Физические;

В) Граничные условия;

Г) Динамические условия;

Д) Временные условия;

Е) Параметрические условия.

Правильный ответ: А, Б, В, Г, Д.

Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

Задания закрытого типа на установление соответствия

Установите правильное соответствие.

Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

1. Установите соответствие между формулой и наименованием величины.

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1) $Re = \frac{Vl}{\nu}$ | А) динамическое число Фурье |
| 2) $Eu = \frac{p}{\rho V^2}$ | Б) число Рейнольдса |
| 3) $Fr = \frac{V^2}{gl}$ | В) число Струхала |
| 4) $Sh = \frac{Vt}{l}$ | Г) число Фруда |
| 5) $Fu = \frac{Sh}{Re}$ | Д) число Эйлера |

Правильный ответ:

1	2	3	4	5
Б	Д	Г	В	А

Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

2. Установите соответствие между формулой и наименованием величины.

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1) Число Маха | А) $\sqrt{\frac{2k}{k+1}RT_0}$ |
| 2) Скорость звука | Б) $\frac{V}{a}$ |
| 3) Скорость звука для критического режима | В) $a_0 \cdot \sqrt{\frac{2}{k-1}}$ |
| 4) Максимальная скорость истечения газа | Г) $\sqrt{kRT}$ |

Правильный ответ:

1	2	3	4
Б	Г	А	В

Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

3. Установите соответствие между формулой и наименованием величины.

- | | |
|----------------------------------|------------------------------|
| 1) Температура торможения потока | А) $T_0 \cdot \frac{2}{k+1}$ |
| 2) Приведенная скорость потока | Б) $\sqrt{\frac{k+1}{k-1}}$ |

3) Максимальная величина приведенной скорости

В) $\frac{V}{a_{кр}}$

4) Температура в потоке для критического режима

Г) $T + \frac{V^2}{2c_p}$

Правильный ответ:

1

2

3

4

Г

В

Б

А

Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

Задания закрытого типа на установление правильной последовательности

Установите правильную последовательность.

Запишите правильную последовательность букв слева направо.

1. Запишите правильную последовательность определения скорости и температуры воздуха в потоке до скачка уплотнения, если скорость воздуха, измеренная после прямого скачка $V_2 = 280 \frac{м}{с}$, температура торможения $T_{20} = 350 K$

А) Находим приведенную скорость за скачком

$$\lambda_2 = \frac{V_2}{a_{кр}} = \frac{280}{342} = 0,82.$$

Б) Определяем величину критической скорости для потока

$$a_{кр} = \sqrt{\frac{2k}{k+1} RT_0} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,4}{1,4+1} \cdot 287 \cdot 350} = 342 \frac{м}{с}$$

В) Определяем скорость перед скачком

$$V_1 = \lambda_1 \cdot a_{кр} = 1,22 \cdot 342 \frac{м}{с} = 417 \frac{м}{с}.$$

Г) Используя соотношение Прандтля $\lambda_1 \cdot \lambda_2 = 1$ для скачка, находим

$$\lambda_1 = \frac{1}{\lambda_2} = 1,22.$$

Д) Находим температуру воздуха T_1 в потоке до скачка, с помощью газодинамической функции $\tau(\lambda_1)$, с учётом того, что $T_{20} = T_{10}$

$$T_1 = T_{10} \cdot \tau(\lambda_1) = 350 \cdot 0,75 = 262,5 K.$$

Е) По таблицам газодинамических функций в соответствии со значением приведенной скорости λ_1 , определяем величину функции $\tau(\lambda_1) = 0,75$.

Правильный ответ: Б, А, Г, В, Е, Д.

Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

2. Запишите последовательность действий при обработке результатов прямых измерений:

А) Результаты наблюдений записываем в таблицу.

Б) Вычисляем среднеарифметическое значение результатов измерений.

В) Вычисляем оценку среднеквадратического отклонения результата отдельного наблюдения.

Г) Вычисляем оценку среднеквадратического отклонения среднеарифметического значения измеряемой величины.

Д) Вычисляем отклонения от среднеарифметического значения результата отдельных наблюдений и их квадратов.

Е) Устанавливаем предел допускаемой основной погрешности средства измерения.

Ж) Вычисляем границы доверительного интервала результата измерения.

З) Представляем результат измерения в виде $x = a \pm \Delta a$.

И) Вычисляем границу доверительного интервала относительной погрешности:

$$E = \frac{\Delta a}{a} \cdot 100\%$$

Правильный ответ: А, Б, Д, В, Г, Е, Ж, З, И.

Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

3. Запишите последовательность определения доверительный интервал для величины динамической вязкости водного раствора глицерина при доверительной вероятности $\alpha = 0,9$.

Для измерения динамической вязкости η водного раствора глицерина по методу Стокса было выполнено 10 измерений времени падения t одного и того же стального шарика с одной и той же высоты h в переворачивающейся цилиндрической трубке с водным раствором глицерина. Диаметр шарика d был измерен 5 раз микрометром, высота h и диаметр трубки D измерены по одному разу линейкой измерительной металлической, плотность водного раствора глицерина ρ_1 – денсиметром. Время падения шарика измерялось механическим секундомером.

Для расчета динамической вязкости используется формула

$$\eta = \frac{1}{18} \cdot \frac{g(\rho - \rho_1)d^2t}{h\left(1 + 2,4\frac{d}{D}\right)},$$

где ρ и ρ_1 – плотность стального шарика и водного раствора глицерина, соответственно;

g – ускорение свободного падения.

А) Результаты многократных измерений t и d записываем в таблицу.

Б) Записываем результаты однократного измерения величин h , D и ρ_1 .

В) Значения ρ и g берем из таблиц.

Г) Определим границу доверительного интервала для погрешности определения величины динамической вязкости водного раствора глицерина.

Д) Вычисляем границы доверительных интервалов для результатов прямых измерений t , d , h , D , ρ_1 и табличных данных ρ , g .

Е) Вычислим динамическую вязкость водного раствора глицерина η с тремя значащими цифрами:

Ж) Проведём анализ влияния погрешностей исходных данных, на итоговую погрешность определения вязкости водного раствора глицерина и вычислим границу относительной погрешности результата.

З) Представим результат измерения в виде $\eta = 0,426 \pm 0,013 \text{ Па} \cdot \text{с}$; $\alpha = 0,9$.

Правильный ответ: А, Б, В, Д, Ж, Е, Г, З.

Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

Задания открытого типа

Задания открытого типа на дополнение

Вставьте пропущенное слово (словосочетание)

1. В формуле $\Delta = x - X$ разность Δ между результатом эксперимента x и истинным значением искомой величины X называют _____ эксперимента.

Правильный ответ: абсолютной погрешностью.

Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

2. Величину $\delta = \frac{\Delta}{X}$ называют _____ эксперимента.

Правильный ответ: относительной погрешностью.

Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

3. Величину $s = \sqrt{\frac{\Delta x_1^2 + \Delta x_2^2 + \dots + \Delta x_n^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_1^n (\Delta x_i)^2}$ называют _____

среднеквадратического отклонения отдельного наблюдения.

Правильный ответ: оценкой.

Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

4. Величину $\sigma_0 = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ называют _____ отклонением результата измерения.

Правильный ответ: среднеквадратическим.

Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

5. Величину $s_0 = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_1^n (\Delta x_i)^2} = \frac{s}{\sqrt{n}}$ называют _____ отклонения результата измерения.

Правильный ответ: оценкой среднеквадратического.
Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

6. Величину $\Delta x = t \frac{s}{\sqrt{n}}$ называют границей _____ для доверительной вероятности α .

Правильный ответ: доверительного интервала.
Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

7. Жидкостные приборы служат для измерения избыточного давления или _____ давлений.

Правильный ответ: разности.
Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

8. Связь между давлением p , температурой T и плотностью ρ совершенного газа определяется уравнением $p = \rho RT$, которое называется уравнением _____.

Правильный ответ: состояния.
Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

9. Непрерывное адиабатическое течение идеального газа является одновременно _____.

Правильный ответ: изэнтропическим.
Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

Задания открытого типа с кратким свободным ответом

Напишите пропущенное слово (словосочетание)

1. Уравнение $p = \rho RT$ связывающее давление, плотность и температуру идеального газа называется уравнением _____.

Правильный ответ: состояния/ Клапейрона.
Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

2. В расчете одномерных адиабатических течений идеального газа главную роль играет уравнение $\frac{V^2}{2} + i = i_0$, которое называется уравнением _____.

Правильный ответ: сохранения энергии/ Бернулли.
Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

3. Величина, характеризующая отношение скорости потока к его критической скорости $\lambda = \frac{V}{a_{кр}}$ называется _____.

Правильный ответ: приведенной скоростью/ коэффициентом скорости.

Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

4. Величина $q = \frac{\rho V}{\rho_{kp} a_{kp}} = \frac{F_{kp}}{F}$ называется приведенной _____.

Правильный ответ: массовой скоростью/ приведенным секундным расходом.

Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

Задания открытого типа с развёрнутым ответом

1. Опишите метод определения направления трёхмерного потока с использованием шарового насадка.

Привести расширенное описание.

Время выполнения 25 минут.

Ожидаемый результат:

Шаровой насадок позволяет измерять направление скорости в трехмерных потоках при помощи четырех отверстий, располагаемых попарно в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Пятое отверстие, располагаемое в пересечении этих плоскостей, служит для измерения полного давления. Определение направления трехмерного потока «нулевым» способом требует применения сложного механического устройства (координатника), позволяющего поворачивать насадок в двух плоскостях. По этому угол β , лежащий в плоскости x, y , измеряют нулевым методом, а угол α , лежащий в плоскости, перпендикулярной к плоскости x, y , определяют косвенным способом с помощью тарировочного графика, полученного испытаниями насадков в двумерном потоке.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному выше результату.

Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

2. Опишите способ определения скорости в потоке несжимаемой жидкости (или газа при небольших значениях скорости).

Привести расширенное описание.

Время выполнения 25 минут.

Ожидаемый результат:

При определении скорости в потоке несжимаемой жидкости, а также при малых скоростях течения газа ($M < 0,3$), когда можно не учитывать сжимаемость газа, для определения скорости можно использовать уравнение Бернулли, которое в данном случае имеет вид:

$$p + \frac{\rho V^2}{2} = p_0,$$

где: p_0 – полное давление в потоке жидкости (газа), Па;

p – статическое давление в потоке жидкости (газа), Па;

ρ – плотность жидкости (газа), кг/м³.

Из уравнения Бернулли определяем скорость потока V несжимаемой жидкости (газа)

$$V = \sqrt{\frac{2(p_0 - p)}{\rho}} = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному выше результату.

Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

3. Опишите пневмометрический метод определения числа Маха и скорости в потоке газа.

Привести расширенное описание.

Время выполнения 30 минут.

Ожидаемый результат:

Наиболее точным методом определения числа Маха и скорости потока вплоть до больших сверхзвуковых скоростей является пневмометрический метод, основанный на измерении давлений. Число Маха при изоэнтропическом течении определяется по формуле

$$M = \sqrt{\frac{2}{k-1} \left[\left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]}.$$

Для этого необходимо произвести измерения давления торможения p_0 и статического p давлений в потоке.

Определив число Маха M , можно найти местную скорость потока используя выражение $V = aM$. Выражая местную скорость звука a через температуру

$a = \sqrt{kRT}$, получаем $V = \sqrt{\frac{2kRT}{k-1} \left[\left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]}$. Так как измерение статической

температуры T в потоке затруднительно, её необходимо выразить через температуру торможения T_0 , которая достаточно просто может быть измерена непосредственно, и число Маха M

$$T = \frac{T_0}{1 + \frac{k-1}{2} M^2}.$$

Для определения скорости потока газа пневметрическим методом необходимо произвести измерение в потоке трёх величин: давления торможения p_0 , статического давления p и температуры торможения T_0 .

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному выше результату.

Компетенции (индикаторы): ПК-1, ПК-2.

Экспертное заключение

Представленный фонд оценочных средств (далее - ФОС) по дисциплине «Экспериментальные методы в гидроаэродинамике» соответствует требованиям ГОС ВО.

Предлагаемые формы и средства текущего и промежуточного контроля адекватны целям и задачам реализации основной образовательной программы по направлению подготовки 01.03.03 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 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)