

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

«Прикладная газовая динамика»
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
«Прикладная газовая динамика»**

Задания закрытого типа

Задания закрытого типа на выбор правильного ответа:

Выберите один правильный ответ

1. Уравнение неразрывности для элементарной струйки газа имеет вид:

А) $\rho_1 w_1 = \rho_2 w_2$;

Б) $w_1 F_1 = w_2 F_2$;

В) $\rho_1 w_1 F_1 = \rho_2 w_2 F_2$;

Г) $\rho_1 w_1 T_1 = \rho_2 w_2 T_2$.

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

2. Уравнение постоянства расхода газа в дифференциальной форме имеет вид:

А) $\frac{dG}{G} = \frac{dw}{\rho} + \frac{d\rho}{w} + \frac{dF}{F}$;

Б) $\frac{dG}{G} = \frac{dw}{w} + \frac{dp}{\rho} + \frac{dF}{F}$;

В) $\frac{dG}{G} = \frac{dw}{w} + \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dF}{F}$;

Г) $\frac{dG}{G} = \frac{dw}{G} + \frac{d\rho}{G} + \frac{dF}{F}$;

Д) $\frac{dG}{G} = \frac{dw}{\rho w} + \frac{d\rho}{w\rho} + \frac{dF}{wF}$;

Правильный ответ: В.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3.

3. Уравнение энергии для единицы массы движущегося газа имеет вид:

А) $Q_{нар} - L = g(z_2 - z_1) + \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} + i_2 - i_1$;

Б) $Q_{нар} - L = g(z_1 - z_2) + \frac{w_1^2 - w_2^2}{2} + i_1 - i_2$

В) $Q_{нар} + L = g(z_2 - z_1) + \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} + i_2 - i_1$;

Г) $Q_{нар} - L = g(z_2 - z_1) - \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} + i_2 - i_1$.

Правильный ответ: А.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3.

4. При отсутствии технической работы и теплообмена с окружающей средой, уравнение энергии имеет вид:

А) $Q_{нар} = g(z_2 - z_1) + \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} + i_2 - i_1;$

Б) $L = g(z_2 - z_1) + \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} + i_2 - i_1;$

В) $\frac{w_2^2 - w_1^2}{2} = g(z_2 - z_1) + i_2 - i_1$

Правильный ответ: В.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3.

Выберите все правильные варианты ответов

5. Перечислите основные параметры потока газа:

А) скорость;

Б) Давление;

В) температура;

Г) Плотность;

Д) Вязкость;

Е) Влажность.

Правильный ответ: А, Б, В, Г.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

Задания закрытого типа на установление соответствия

Установите правильное соответствие.

Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

1. Установите соответствие между обозначением члена уравнения энергии и его наименованием.

- | | |
|---|------------------------------------|
| 1) В уравнении энергии слагаемое $Q_{нар}$ отражает изменение | А) потенциальной энергии положения |
| 2) В уравнении энергии слагаемое $\frac{w_2^2 - w_1^2}{2}$ отражает изменение | Б) энтальпии |
| 3) В уравнении энергии слагаемое L учитывает | В) кинетической энергии |

4) В уравнении энергии слагаемое $i_2 - i_1$ отражает изменение

Г) техническую работу

5) В уравнении энергии слагаемое $g(z_2 - z_1)$ отражает изменение

Д) приток тепла извне

Правильный ответ

1	2	3	4	5
Д	В	Г	Б	А

Компетенции (индикаторы): ОПК-3.

2. Установите соответствие между названием и формулой для определения физической величины.

1) Число Маха

А) $\sqrt{\frac{2k}{k+1}RT^*}$

2) Скорость звука

Б) $\frac{w}{a}$

3) Скорость звука для критического режима

В) $a^* \sqrt{\frac{2}{k-1}}$

4) Максимальная скорость истечения газа

Г) \sqrt{kRT}

Правильный ответ:

1	2	3	4
Б	Г	А	В

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

3. Установите соответствие между названием и формулой для определения физической величины.

1) Температура торможения потока

А) $T^* \frac{2}{k+1}$

2) Приведенная скорость потока

Б) $\sqrt{\frac{k+1}{k-1}}$

3) Максимальная величина приведенной скорости

В) $\frac{w}{a_{кр}}$

4) Температура в потоке для критического режима

Г) $T + \frac{w^2}{2c_p}$

Правильный ответ:

1	2	3	4
---	---	---	---

Г

В

Б

А

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

4. Установите соответствие между уравнением и названием термодинамического процесса.

1) $\frac{p}{\rho^k} = const$

А) Политропный

2) $\frac{p}{\rho^n} = const$

Б) Изотермический

3) $\frac{p}{\rho} = const$

В) Адиабатный

4) $\frac{p}{T} = const$

Г) Изобарный

5) $\frac{V}{T} = const$

Д) Изохорный

Правильный ответ

1

2

3

4

5

В

А

Б

Д

Г

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

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 до скачка уплотнения, если после прямого скачка скорость потока составляет $w_2 = 280 \frac{м}{с}$, а температура торможения $T_2^* = 350 К$.

А) Находим приведенную скорость потока за скачком уплотнения

$$\lambda_2 = \frac{w_2}{a_{кр}} = \frac{280}{342} = 0,82.$$

Б) Определяем величину критической скорости для потока

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

В) Определяем скорость потока перед скачком

$$w_1 = \lambda_1 \cdot a_{кр} = 1,22 \cdot 342 \frac{м}{с} = 417 \frac{м}{с}.$$

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 $T_2^* = T_1^*$

$$T_1 = T_1^* \cdot \tau(\lambda_1) = 350 \cdot 0,75 = 262,5 \text{ К}.$$

Е) По таблицам газодинамических функций, по значению приведенной скорости λ_1 , определяем величину функции $\tau(\lambda_1) = 0,75$

Правильный ответ: Б, А, Г, В, Е, Д.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

2. Запишите правильную последовательность определения изменение температуры воздуха и количество тепла, сообщенное единице его массы сухого воздуха, если, при его движении в трубопроводе, в первом сечении число $M_1 = 1,8$, а во втором сечении $M_2 = 1$ за счет теплообмена со стенками. Теплоёмкость воздуха принять равной $c_p = 1003,2 \frac{Дж}{кг \cdot К}$.

А) Определяем значения температур торможения в потоке для первого и второго сечений:

$$T_1^* = \frac{T_1}{\tau(M_1)} = \frac{288}{0,6047} = 476,3^\circ \text{ К},$$

$$T_2^* = \frac{T_2}{\tau(M_2)} = \frac{473}{0,8333} = 567,6^\circ \text{ К}.$$

Б) Определяем величину температуры T_2 во втором сечении при значении числа $M_2 = 1$ из соотношения:

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{M_2}{M_1} \cdot \frac{1 + kM_1^2}{1 + kM_2^2} \right)^2 = 288 \cdot \left(\frac{1}{1,8} \cdot \frac{1 + 1,4 \cdot 1,8^2}{1 + 1,4 \cdot 1,0^2} \right)^2 = 473 \text{ К}$$

В) Определяем изменение температуры воздуха:

$$T_2 - T_1 = 473 - 288 = 185 \text{ К}.$$

Г) Определяем по таблицам значения газодинамической функции $\tau(M_1)$ и $\tau(M_2)$ для первого и второго сечений:

$$\tau(M_1) = 0,6047; \tau(M_2) = 0,8333.$$

Д) Определяем количество тепла, сообщенное единице массы воздуха:

$$\Delta q = c_p (T_2^* - T_1^*) = 1003,2 \cdot (567,6 - 476,3) = 0,9 \cdot 10^5 \frac{Дж}{кг}.$$

Правильный ответ: Б, В, Г, А, Д.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

3 Запишите правильную последовательность определения давления и температуры воздуха на выходе из трубы постоянного диаметра, а также количество подведенного тепла, если воздух поступает в трубу при температуре $T_1 = 288\text{ K}$, давлении $p_1 = 2,065 \cdot 10^5\text{ Па}$ со скоростью $w_1 = 86 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ и потоку сообщается количество тепла, необходимое для достижения значения числа Маха в выходном сечении $M_2 = 1$.

А) По известным значениям скорости потока и скорости звука в первом сечении определим величину числа Маха:

$$M_1 = \frac{w_1}{a_1} = \frac{86}{341} = 0,252$$

Б) По известному значению температуры в сечении 1 определим величину скорости звука в потоке:

$$a_1 = \sqrt{kRT_1} = \sqrt{1,4 \cdot 287 \cdot 288} = 341\text{ м/с};$$

В) Получив необходимое количество тепла, поток разгоняется до скорости звука, т. е. $M_2 = 1$. По известным значениям температуры потока T_1 , числа Маха во входном сечении $M_1 = 0,252$, числа Маха в выходном сечении $M_2 = 1$, Определим температуру потока в выходном сечении:

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{M_2}{M_1} \cdot \frac{1 + kM_1^2}{1 + kM_2^2} \right)^2 = 288 \cdot \left(\frac{1}{0,252} \cdot \frac{1 + 1,4 \cdot 0,252^2}{1 + 1,4 \cdot 1,0^2} \right)^2 = 933,6\text{ K}$$

Г) По известным значениям давления в потоке p_1 , числа Маха во входном сечении $M_1 = 0,252$, числа Маха в выходном сечении $M_2 = 1$, определим давление в выходном сечении:

$$p_2 = p_1 \cdot \frac{1 + kM_1^2}{1 + kM_2^2} = 2,065 \cdot 10^5 \cdot \frac{1 + 1,4 \cdot 0,252^2}{1 + 1,4 \cdot 1,0^2} = 0,8054 \cdot 10^5\text{ Па};$$

Д) Определяем значения температуры торможения в первом и втором сечениях потока:

$$T_1^* = \frac{T_1}{\tau(M_1)} = \frac{288}{0,989} = 291^\circ\text{ K},$$

$$T_2^* = \frac{T_2}{\tau(M_2)} = \frac{933,6}{0,8333} = 1120^\circ\text{ K}.$$

Е) По известным значениям числа Маха для первого и второго сечений определяем значения функции $\tau(M_1) = 0,989$ и $\tau(M_2) = 0,8333$;

Ж) Определяем количество теплоты, подведенное к потоку:

$$\Delta q = c_p(T_2^* - T_1^*) = 10003,2 \cdot 829 = 0,8 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

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

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

Задания открытого типа

Задания открытого типа на дополнение

Вставьте пропущенное слово (словосочетание)

1. Траектории частиц при установившемся движении газа называются _____.

Правильный ответ: линиями тока

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

2. Боковая поверхность элементарной струйки при установившемся движении носит название _____.

Правильный ответ: поверхности тока

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

3. Образующими поверхности тока являются _____.

Правильный ответ: линии тока

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

4. Боковая поверхность трубки тока является _____ для газа.

Правильный ответ: непроницаемой

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

5. В формуле $\frac{p^*}{p} = \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2\right)^{\frac{k}{k-1}}$ величина p^* носит название _____.

Правильный ответ: полного давления

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

6. В формуле $\frac{T^*}{T} = 1 + \frac{k-1}{2} M^2$ величина T^* носит название _____.

Правильный ответ: температуры торможения

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

7. В формуле $\frac{\rho^*}{\rho} = \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2\right)^{\frac{1}{k-1}}$ величина ρ^* носит название _____ в

идеально заторможенной струе.

Правильный ответ: плотности

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

8. В формуле $\frac{p}{p^*} = \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \lambda^2\right)^{\frac{k}{k-1}}$ величина λ носит название _____.

Правильный ответ: приведенной скорости

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

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): ОПК-3

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

Правильный ответ: сохранения энергии/ Бернулли

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

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

Правильный ответ: приведенной скоростью/ коэффициентом скорости

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

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

Правильный ответ: массовой скоростью/ приведенным секундным расходом

Компетенции (индикаторы): ОПК-3

Задания открытого типа с развёрнутым ответом

1. Определите приведенную скорость λ_2 и давление газа в сечении 2 идеального сопла Лавала, где температура $T_2 = 273 K$, если в сечении 1 дозвуковой части идеального сопла Лавала известны: давление в потоке $p_1 = 16 \cdot 10^5 Pa$, температура торможения $T_1^* = 400 K$, приведенная скорость $\lambda_1 = 0,6$.

Привести расширенное решение.

Время выполнения 35 минут.

Ожидаемый результат:

А) Определяем величину $\tau(\lambda_2)$ Используем соотношение $\tau(\lambda_2) = \frac{T_2}{T_2^*} = \frac{T_2}{T_1^*}$, в связи с равенством температур торможения $T_2^* = T_1^*$,

$$\tau(\lambda_2) = \frac{T_2}{T_1^*} = \frac{273}{400} = 0,6825.$$

Б) По таблицам газодинамических функций определяем для значения $\tau(\lambda_2) = 0,6825$ значение $\lambda_2 = 1,38$, при $k = 1,4$.

В) Используя условие постоянства полного давления в идеальном сопле и выражая полное давление через давление в потоке и функцию $\pi(\lambda)$, получаем:

$$\frac{p_1}{\pi(\lambda_1)} = \frac{p_2}{\pi(\lambda_2)} \quad p_2 = p_1 \frac{\pi(\lambda_2)}{\pi(\lambda_1)}.$$

Г) Для значений приведенной скорости $\lambda_1 = 0,6$ и $\lambda_2 = 1,38$ находим значения функции $\pi(\lambda_1) = 0,8053$ и $\pi(\lambda_2) = 0,2628$, вычисляем давление:

$$p_2 = p_1 \frac{\pi(\lambda_2)}{\pi(\lambda_1)} = 16 \cdot 10^5 \cdot \frac{0,2628}{0,8053} = 5,23 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному выше результату.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3.

2. Определите приведенную скорость λ_2 и температуру газа в сечении 2, где давление $p_2 = 1,01 \cdot 10^5$ Па, если в сечении 1 дозвуковой части идеального сопла Лаваля известны: давление в потоке $p_1 = 16 \cdot 10^5$ Па, температура торможения $T_1^* = 400$ К, приведенная скорость $\lambda_1 = 0,6$.

Привести расширенное решение.

Время выполнения 35 минут.

Ожидаемый результат:

А) Используя условие постоянства полного давления в идеальном сопле и выражая полное давление через давление в потоке и функцию $\pi(\lambda)$, получаем:

$$\pi(\lambda_2) = \frac{p_2}{p_2^*} = \frac{p_2}{p_1^*}, \text{ или } \pi(\lambda_2) = p_2 \frac{\pi(\lambda_1)}{p_1} = 1,01 \cdot 10^5 \cdot \frac{0,8053}{16 \cdot 10^5} = 0,0508.$$

Б) Из таблиц газодинамических функций определяем величину приведенной скорости $\lambda_2 = 1,855$.

В) По полученному значению $\lambda_2 = 1,855$ определяем величину функции $\tau(\lambda_2) = 0,4265$ по таблицам газодинамических функций.

Г) Определяем температуру газа в сечении 2:

$$T_2 = T_2^* \cdot \tau(\lambda_2) = T_1^* \cdot \tau(\lambda_2) = 400 \cdot 0,4265 = 170,6 \text{ К}.$$

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному выше результату.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3.

3. Определите зависимость между площадью сечений идеального сопла Лавалья и приведенной скоростью потока в этих же сечениях.

Привести расширенное решение.

Время выполнения 30 минут.

Ожидаемый результат:

А) Для любого сечения идеального сопла Лавалья расход, полное давление и температура торможения одинаковы. Из этого следует, что $F \cdot q(\lambda) = const$.

Значит $F \cdot q(\lambda) = F_{кр} \cdot q(\lambda)_{кр}$

Б) Для критического сечения функция $q(\lambda) = 1$, следовательно можно записать

$$\frac{F}{F_{кр}} = \frac{1}{q(\lambda)} \text{ или } F = \frac{F_{кр}}{q(\lambda)}.$$

Т.е. площадь сечений сопла изменяется обратно пропорционально величине функции $q(\lambda)$.

В) В соответствии с закономерностью изменения функции $q(\lambda)$, площадь сопла при увеличении скорости уменьшается при дозвуковых скоростях и увеличивается при сверхзвуковых скоростях. Минимальное значение площадь сопла имеет при $\lambda = 1$.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному выше результату.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3.

4. Определите приведенную скорость λ_2 и статическое давление воздуха p_2 на выходе из диффузора, если известно, что на входе в диффузор полное давление $p_1^* = 3 \cdot 10^5$ Па, приведенная скорость $\lambda_1 = 0,85$, отношение площадей выходного и входного сечений $F_2/F_1 = 2,5$ и коэффициент сохранения полного давления $\sigma = p_2^*/p_1^* = 0,94$.

$\sigma = p_2^*/p_1^* = 0,94$.

Привести расширенное решение.

Время выполнения 35 минут.

Ожидаемый результат:

А) Записываем уравнение неразрывности для потока воздуха в диффузоре

$$\frac{p_1^* F_1 q(\lambda_1)}{\sqrt{T_1^*}} = \frac{p_2^* F_2 q(\lambda_2)}{\sqrt{T_2^*}}.$$

Б) Пренебрегая теплообменом через стенки диффузора ($T_2^* = T_1^*$), получим

$$q(\lambda_2) = \frac{1}{\sigma} \frac{F_1}{F_2} q(\lambda_1).$$

В) По таблицам газодинамических функций для значения $\lambda_1 = 0,85$ находим значение функции $q(\lambda_1) = 0,9729$.

Г) Вычисляем значение функции $q(\lambda_2) = \frac{1}{0,94} \cdot \frac{1}{2,5} \cdot 0,9729 = 0,413$.

Д) По таблицам газодинамических функций определяем величину приведенной скорости для значения функции $q(\lambda_2) = 0,413$ $\lambda_2 = 0,27$ и функцию $\pi(\lambda_2) = 0,9581$

Е) Из соотношения $p_2 = p_2^* \pi(\lambda_2) = \sigma p_1^* \pi(\lambda_2)$ определяем величину статического давления на выходе диффузора

$$p_2 = \sigma p_1^* \pi(\lambda_2) = 0,94 \cdot 3 \cdot 10^5 \cdot 0,9581 = 2,7 \cdot 10^5.$$

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному выше результату.

Компетенции (индикаторы): ОПК-3.

Экспертное заключение

Представленный фонд оценочных средств (далее - ФОС) по дисциплине «Прикладная газовая динамика» 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)