

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 двигателей внутреннего сгорания

УТВЕРЖДАЮ
Директор института транспорта и логистики
Быкадоров В.В.
« 26 » 02 2025 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по учебной дисциплине
ОСНОВЫ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ КОМБИНИРОВАННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

(наименование учебной дисциплины, практики)

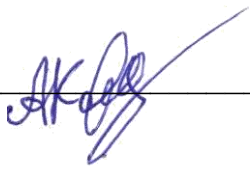
13.03.03. Энергетическое машиностроение

(код и наименование направления подготовки (специальности))

«ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ»

(наименование профиля подготовки (специальности, магистерской программы); при отсутствии ставится прочерк)

Разработчик:

ст. преп.  А.С. Ковтун

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры двигателей внутреннего сгорания
от «25» 02.2025 г., протокол № 6

(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой  А.А. Данилейченко

(подпись)

Луганск 2025 г.

**Комплект оценочных материалов по дисциплине
«Основы газовой динамики комбинированных двигателей»**

Задания закрытого типа

Задания закрытого типа на выбор правильного ответа

Выберите один правильный ответ

1. Уравнение неразрывности выражает закон сохранения:

- А) импульса
- Б) массы
- В) кинетической энергии потока
- Г) момента импульса
- Д) энтропии потока

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

2. Лопаточная машина, преобразующая энергию потока пара или газа в механическую работу на валу, называется:

- А) компрессор
- Б) тепловой насос
- В) парогенератор
- Г) турбина
- Д) конденсатор

Правильный ответ: Г

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

3. Отношение располагаемого перепада энтальпии в каналах рабочего колеса турбины к располагаемому перепаду энтальпии в ступени называется:

- А) скоростной коэффициент сопла
- Б) парциальность ступени
- В) степень реактивности ступени
- Г) адиабатный КПД ступени
- Д) относительный лопаточный КПД

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

4. Короткий канал, в котором уменьшается скорость потока и возрастает его статическое давление называется:

- А) конфузор
- Б) сопло Лаваля
- В) жиклер
- Г) диффузор
- Д) дроссель

Правильный ответ: Г

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

Задания закрытого типа на установление соответствия

Установите правильное соответствие.

Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

1. Найти соответствие между указанными устройствами и их назначением

- | | |
|-----------------|--|
| 1) Сопло Лавалю | А) Преобразование энергии потока горячего газа в механическую энергию вращения вала |
| 2) Диффузор | Б) Преобразование механической энергии вращения вала в потенциальную энергию давления газа |
| 3) Турбина | В) Повышение давления и снижение скорости потока |
| 4) Компрессор | Г) Получение сверхзвукового потока
Д) Разделение потока на холодный и горячий |

Правильный ответ: 1-Г, 2-В, 3-А, 4-Б

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

2. Найти соответствие между газодинамическими функциями и безразмерными параметрами потока, которые они выражают.

- | | |
|---------------------------|---------------------------------|
| 1) $\tau(\lambda)$ | А) Плотность тока рабочего тела |
| 2) $\pi(\lambda)$ | Б) Плотность |
| 3) $\varepsilon(\lambda)$ | В) Скорость |
| 4) $q(\lambda)$ | Г) Давление
Д) Температура |

Правильный ответ: 1-Д, 2-Г, 3-Б, 4-А

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

3. Найти соответствие между понятиями физических величин и их определениями

- | | |
|----------------------------|--|
| 1) Показатель адиабаты | А) Отношение динамической вязкости к коэффициенту теплопроводности вещества |
| 2) Критическая скорость | Б) Отношение изобарной к изохорной теплоёмкости |
| 3) Кинематическая вязкость | В) Отношение действительного расхода сплошной среды к теоретическому |
| 4) Коэффициент расхода | Г) Отношение динамической вязкости к плотности вещества
Д) Максимальная скорость истечения через суживающееся сопло |

Правильный ответ: 1-Б, 2-Д, 3-Г, 4-В

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

4. Найти соответствие между указанными параметрами их единицами измерения

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 1) Градиент давления | А) Вт/(м·К) |
| 2) Число Прандтля | Б) Дж/(кг·К) |
| 3) Удельная теплоемкость | В) Дж/К |
| 4) Энтропия | Г) Па/м |
| | Д) Безразмерная величина |

Правильный ответ: 1-Г, 2-Д, 3-Б, 4-В

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

Задания закрытого типа на установление правильной последовательности

Установите правильную последовательность.

Запишите правильную последовательность букв слева направо.

1. В какой последовательности происходит движение рабочего тела в турбине?

- А) с рабочих лопаток ступени в атмосферу.
- Б) из кольцевой камеры на лопатки рабочего колеса.
- В) с лопаток сопловой решетки на рабочие лопатки колеса.
- Г) от источника подвода тепла в кольцевую камеру.
- Д) с лопаток рабочего колеса на сопловой аппарат.

Правильный ответ: Г, Б, Д, В, А

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

2. В какой последовательности проходит рабочее тело через лопаточный центробежный компрессор?

- А) с лопаток рабочего колеса в лопаточный диффузор.
- Б) из щелевого диффузора в напорный патрубок.
- В) из атмосферы во входной направляющий аппарат.
- Г) из лопаточного диффузора в щелевой диффузор.
- Д) из входного аппарата на лопатки рабочего колеса.

Правильный ответ: В, Д, А, Г, Б

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

3. В какой последовательности рабочее тело проходит тракт турбореактивного двигателя?

- А) выходное сопло.
- Б) газовая турбина.
- В) осевой компрессор.
- Г) камера сгорания.
- Д) диффузор.

Правильный ответ: Д, В, Г, Б, А

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

4. В какой последовательности поток газа проходит сопло Лавала?

А) входной срез суживающейся части.

Б) минимальное сечение сопла.

В) выходное сечение расширяющейся части.

Г) расширяющаяся часть.

Д) суживающаяся часть.

Правильный ответ: А, Д, Б, Г, В

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

Задания открытого типа

Задания открытого типа на дополнение

Напишите пропущенное слово (словосочетание).

1. Числа Рейнольдса, Грасгофа и Фруда являются безразмерными комплексами _____ подобия для геометрически и кинематически подобных течений.

Правильный ответ: динамического

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

2. Для докритического (дозвукового) истечения справедливо неравенство $\beta > \beta_{кр}$. В случае если $\beta \leq \beta_{кр}$, то истечение является _____ и происходит со звуковой скоростью.

Правильный ответ: критическим

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

3. Давление изоэнтропно заторможенного потока газа является суммой статического и _____ давлений потока.

Правильный ответ: динамического

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

4. Основными элементами _____ являются активное сопло, пассивное сопло, камера смешения, диффузор.

Правильный ответ: эжектора

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

Задания открытого типа с кратким свободным ответом

Напишите пропущенное слово (словосочетание).

1. Активная турбина, центробежный компрессор, реактивная турбина, осевой компрессор являются _____ машинами и, соответственно, в их конструкции имеется рабочее колесо с лопатками.

Правильный ответ: лопаточными

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

2. В суживающемся сопле поток можно разогнать только до местной скорости _____, получить сверхзвуковое истечение в суживающемся сопле невозможно.

Правильный ответ: звука

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

3. Отношение действительной к теоретической скорости истечения газа из сопла называют _____ коэффициентом, показывающим, во сколько раз действительная скорость истечения рабочего тела из сопла меньше теоретической.

Правильный ответ: скоростным

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

4. По определению число _____ выражает отношение силы вязкого трения, действующей на рассматриваемый выделенный элемент объёма сплошной среды со стороны остального потока к силе инерции рассматриваемого элемента объёма.

Правильный ответ: Рейнольдса

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

Задания открытого типа с развернутым ответом

Решите задачу.

1. Определить скорость звука в кислороде, если абсолютное давление газа 2 МПа, а плотность 20 кг/м³.

Время выполнения: 10 мин.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному ниже пояснению.

Ожидаемый результат:

Решение:

Уравнение скорости звука, записанное через плотность и давление газа, имеет

вид $w_{зв} = \sqrt{k \frac{p}{\rho}} = \sqrt{1,4 \cdot \frac{3 \cdot 10^6}{20}} = 458 \text{ м/с}$, где $k = 1,4$ – показатель адиабаты для кислорода (двухатомный газ).

Скорость звука в кислороде 458 м/с.

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

2. Во сколько раз увеличится плотность воздуха при скачке уплотнения, если отношение давлений во фронте ударной волны к давлению невозмущенного газа составляет 25.

Время выполнения: 20 мин.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному ниже пояснению.

Ожидаемый результат:

Решение:

Отношение плотностей в скачке уплотнения и невозмущенном газе при прохождении ударной волны связаны с соответствующим отношением давлений уравнением ударной адиабаты (уравнение Гюгонио)

$$\frac{\rho_S}{\rho_H} = \frac{\frac{k+1}{k-1} + \frac{p_H}{p_S}}{1 + \frac{k+1}{k-1} \cdot \frac{p_H}{p_S}} = \frac{\frac{1,4+1}{1,4-1} + \frac{1}{25}}{1 + \frac{1,4+1}{1,4-1} \cdot \frac{1}{25}} = 4,87,$$

где ρ_S , p_S и ρ_H , p_H – плотность и давление, соответственно, в скачке уплотнения и в невозмущенной воздушной среде; по условию $p_S / p_H = 25$, тогда $p_H / p_S = 1/25$, $k = 1,4$ – показатель адиабаты воздуха.

Плотность воздуха в скачке уплотнения увеличится в 4,87 раза.

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

3. Во сколько раз изменится скорость звука в воздухе при повышении температуры от -20°C до 40°C . Теплоемкость воздуха считать постоянной в заданном интервале температур.

Время выполнения: 20 мин.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному ниже пояснению.

Ожидаемый результат:

Решение: Скорость звука в газе определяется выражением $w_{зв} = \sqrt{kRT}$, где k – показатель адиабаты, R – характеристическая газовая постоянная, T – абсолютная температура газа. Для воздуха $k = 1,4$, $R = 287$ Дж/кгК.

Показатель адиабаты газа равен отношению изобарной и изохорной теплоемкости. При условии постоянства теплоемкости неизменным будет и показатель адиабаты.

Скорость звука в воздухе при заданных температурах будет равна

$$w_{зв1} = \sqrt{kRT_1} = \sqrt{1,4 \cdot 287 \cdot (-20 + 273)} = \sqrt{1,4 \cdot 287 \cdot 253} = 318,8 \text{ м/с},$$

$$w_{зв2} = \sqrt{kRT_2} = \sqrt{1,4 \cdot 287 \cdot (40 + 273)} = \sqrt{1,4 \cdot 287 \cdot 313} = 354,6 \text{ м/с}.$$

Соотношение скоростей звука при этом составит $\frac{w_{зв2}}{w_{зв1}} = \frac{354,6}{318,8} = 1,11$.

Скорость звука при повышении температуры в заданном интервале увеличится в 1,11 раза.

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

4. Поток воздуха движется со скоростью 100 м/с. Определить температуру изоэнтропного торможения, если температура воздуха в потоке 27°C . Удельную изобарную теплоемкость воздуха принять постоянной и равной 1005 Дж/кгК.

Время выполнения: 20 мин.

Критерии оценивания: полное содержательное соответствие приведенному ниже пояснению.

Ожидаемый результат:

Решение:

Из уравнения первого закона термодинамики потока, в случае адиабатического течения выражение для полной энтальпии потока имеет вид

$i^* = i + \frac{w^2}{2}$, где i – энтальпия потока, w – скорость потока. Температура торможения

потока связана с полной энтальпией потока выражением $T^* = \frac{i^*}{c_p} = \frac{i}{c_p} + \frac{w^2}{2c_p} = T + \frac{w^2}{2c_p}$.

Абсолютная температура воздуха в потоке $T = t + 273 = 27 + 273 = 300$ К

Температура заторможенного потока $T^* = T + \frac{w^2}{2c_p} = 300 + \frac{100^2}{2 \cdot 1005} = 305$ К

Температура заторможенного потока воздуха равна 305 К (32°C).

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

Экспертное заключение

Представленный фонд оценочных средств (далее - ФОС) *по дисциплине «Основы газовой динамики комбинированных двигателей»* соответствует требованиям ФГОС ВО.

Предлагаемые оценочные материалы адекватны целям и задачам реализации основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение.

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

Разработанные и представленные для экспертизы оценочные материалы рекомендуются к использованию в процессе подготовки обучающихся 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)