Казахский национальный университет имени аль-Фараби

Факультет механико-математический

Кафедра механики

Образовательная программа «6B05403 – Механика» · бакалавриат

Дисциплина: Экспериментальная механика

Лекция № 5

Классификация аэродинамических труб

Преподаватель: Туралина Динара Елеусизовна

к.ф.-м.н., ассистент-профессор

Алматы, 2026 год

Признаки классификации

Аэродинамические трубы классифицируют по четырём основным признакам:

По скорости

Скорость движения воздуха в рабочей части (число Маха).

По типу рабочей части

Форма сечения; закрытая или открытая рабочая часть.

По типу привода

Вентиляторные (воздуходувки) или ёмкостные (баллонные).

По длительности работы

Непрерывного или кратковременного действия.

Одна и та же труба описывается сочетанием всех четырёх признаков.

Классификация по скорости потока

Основной признак — число Маха в рабочей части M = V/a, где скорость звука a = √(kRT) (при нормальных условиях порядка 330–340 м/с).



а) дозвуковые M < 1 · б) околозвуковые 0,8 ≤ M ≤ 1,2 · в) сверхзвуковые 1,2 ≤ M ≤ 5 · г) гиперзвуковые M > 5

Дозвуковые трубы (M < 1)

Малые дозвуковые скорости

$0 < M \leq 0{,}5$

- сжимаемостью воздуха можно пренебречь или учитывать поправками
- простые и распространённые установки
- учебные и промышленные исследования

Большие дозвуковые скорости

$0{,}5 < M \leq 0{,}8\ (0{,}85)$

- существенна сжимаемость воздуха
- заметно возрастает потребная мощность
- трубы переменной плотности, автоматизация измерений

Околозвуковые и сверхзвуковые трубы

Околозвуковые: 0,8 ≤ M ≤ 1,2

Возникают местные сверхзвуковые зоны и скачки уплотнения; применяются перфорированные стенки рабочей части для снижения влияния границ.

Сверхзвуковые: 1,2 ≤ M ≤ 5

Поток разгоняется в сверхзвуковом сопле (сопле Лаваля): сначала сужение до критического сечения, затем расширение.

Связь площади сечения сопла с числом Маха (F* — критическое сечение, где M = 1):

$$\frac{F}{F_*} = \frac{1}{M}\left[\frac{2}{k+1}\left(1+\frac{k-1}{2}M^2\right)\right]^{\frac{k+1}{2(k-1)}} \quad (1)$$

Каждому числу M в рабочей части соответствует своё отношение F/F*: например, при k = 1,4 и M = 2 оно равно 1,69.

Гиперзвуковые трубы (M > 5)

Особенности

- при расширении газ сильно охлаждается — без подогрева воздух может сконденсироваться
- нужен предварительный нагрев газа до высоких температур
- важны физико-химические процессы в газе

Требования к установкам

- очень большие перепады давления
- кратковременный режим работы
- установки, основанные на новых принципах (импульсные трубы, ударные трубы)

Гиперзвуковые трубы — наиболее сложные и дорогие экспериментальные установки.

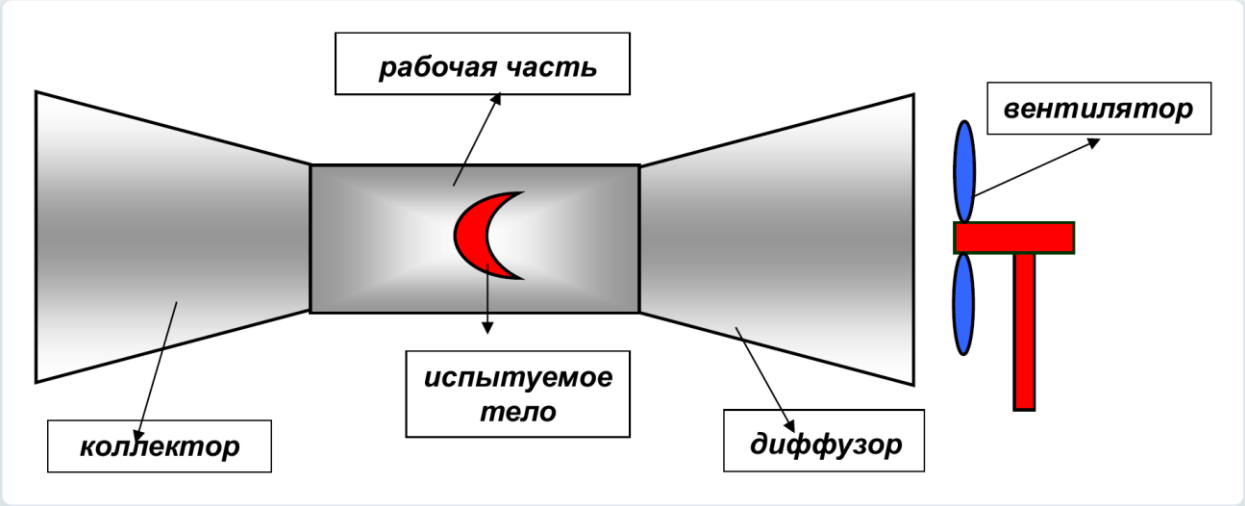
По типу рабочей части

Форма сечения

- круглое
- квадратное (прямоугольное)
- иногда эллиптическое или многоугольное

Исполнение

- **закрытая** рабочая часть — поток ограничен стенками
- **открытая** рабочая часть — свободная струя, удобный доступ к модели



Простейшая труба с закрытой рабочей частью

По типу привода

Вентиляторные (воздуходувки)

Поток создаётся вентилятором или компрессором.

- **всасывающий** режим — вентилятор за рабочей частью
- **нагнетающий** режим — вентилятор перед рабочей частью

Позволяют работать длительно.

Ёмкостные (баллонные)

Газ заранее закачивается в баллоны (ёмкости) высокого давления или откачивается из вакуумной ёмкости.

Во время опыта газ перетекает через рабочую часть за счёт запасённого перепада давления.

По длительности работы

Непрерывного (постоянного) действия

- работают сколь угодно долго при постоянном режиме
- обычно с вентиляторным или компрессорным приводом
- большая потребная мощность

Кратковременного действия

- время работы — до 10 минут
- обычно ёмкостные (баллонные)
- позволяют получать высокие скорости при меньшей мощности привода

Чем выше число Маха, тем чаще применяют трубы кратковременного действия.

Сводная классификация

Признак	Виды аэродинамических труб
Скорость в рабочей части	Дозвуковые (малых и больших скоростей), околозвуковые, сверхзвуковые, гиперзвуковые
Тип рабочей части	Круглое / квадратное сечение; закрытая / открытая
Тип привода	Вентиляторные (всасывающие, нагнетающие); ёмкостные, баллонные
Длительность работы	Непрерывного действия; кратковременного (до 10 мин) действия
Схема контура	Прямого действия; замкнутого типа (лекции 3–4)

Заключение и вопросы для самоконтроля

Выводы

1. Трубы классифицируют по скорости, рабочей части, приводу и длительности работы.
2. По скорости: дозвуковые, околозвуковые, сверхзвуковые, гиперзвуковые.
3. Для сверхзвука необходимо сопло Лаваля.
4. Привод бывает вентиляторным или ёмкостным (баллонным).
5. Трубы кратковременного действия работают до 10 минут.

Контрольные вопросы

1. Назовите признаки классификации аэродинамических труб.
2. Каковы границы диапазонов скоростей по числу Маха?
3. Чем отличаются малые и большие дозвуковые скорости?
4. Почему для сверхзвукового потока нужно сопло Лаваля?
5. Зачем подогревают газ в гиперзвуковых трубах?
6. Сравните вентиляторный и баллонный привод.