Казахский национальный университет имени аль-Фараби

Факультет механико-математический

Кафедра механики

Образовательная программа «6B05403 – Механика» · бакалавриат

Дисциплина: Экспериментальная механика

Лекция № 3

Аэродинамические трубы

Преподаватель: Туралина Динара Елеусизовна

к.ф.-м.н., ассистент-профессор

Алматы, 2026 год

Два метода исследования

Законы воздействия воздуха на движущееся в нём тело можно исследовать двумя способами:

Движение тела

Телу сообщается скорость относительно неподвижного воздуха (буксировка, свободный полёт, ракетные тележки).

Движение воздуха

Воздуху сообщается скорость относительно неподвижно укреплённого тела — **испытания в аэродинамических трубах**.

По **принципу обратимости движения** силы, действующие на тело, зависят только от относительной скорости тела и воздуха.

Испытания в аэродинамических трубах — главный метод, определивший успех аэромеханики как науки и её внедрение в технику и промышленность.

Что такое аэродинамическая труба

Аэродинамическая труба — физический прибор, позволяющий получать в одном из его элементов — **рабочей части**, где располагается исследуемое тело, —

- равномерный
- прямолинейный
- установившийся поток воздуха
- определённой скорости

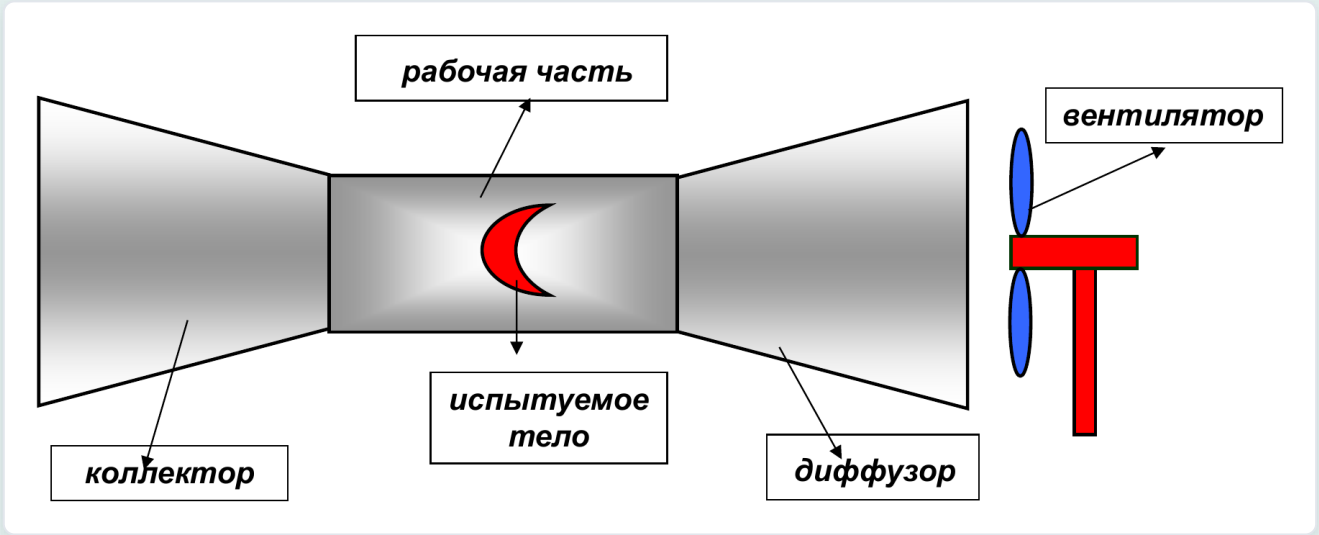


Рисунок 1. Схема простейшей аэродинамической трубы

Как работает простейшая труба

1. **Вентилятор**, установленный в конце трубы, засасывает воздух из неподвижного пространства.

2. **Коллектор**: проходное сечение уменьшается по потоку, скорость воздуха растёт и достигает максимума в самом узком сечении.

3. **Рабочая часть** постоянного сечения: в ней установлено **испытуемое тело**, омываемое равномерным потоком постоянной скорости.

4. **Диффузор**: постепенное расширение сечения плавно снижает скорость воздуха.

5. **Регулирование**: скорость в трубе изменяют, меняя число оборотов вентилятора.

Связь скорости и сечения

Для несжимаемого воздуха расход постоянен вдоль трубы (уравнение неразрывности):

$$V_1 F_1 = V_2 F_2 \quad \Rightarrow \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{F_1}{F_2} \tag{1}$$

Вдоль трубки тока выполняется уравнение Бернулли:

$$p_1 + \frac{\rho V_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho V_2^2}{2} \tag{2}$$

Сужение (коллектор) — скорость растёт, давление падает; расширение (диффузор) — скорость падает, давление восстанавливается.

Коллектор

$F_1 > F_2 \Rightarrow V_2 > V_1$

разгон потока и выравнивание поля скоростей

Диффузор

F растёт ⇒ V падает

кинетическая энергия переходит в энергию давления, снижаются потери

Основные схемы труб

Из трубы прямого действия с закрытой рабочей частью (рис. 1) получают другие схемы:

Прямого действия, закрытая р. ч.

Поток вокруг модели ограничен жёсткими стенками; воздух выбрасывается в помещение.

Замкнутая, закрытая р. ч.

Диффузор продолжен, повёрнут обратно и присоединён к коллектору — воздух циркулирует по замкнутому контуру.

Замкнутая, открытая р. ч.

Стенки рабочей части убраны; воздух по-прежнему циркулирует по замкнутому контуру.

Прямого действия, открытая р. ч.

Без стенок рабочую часть необходимо окружить герметичной **камерой Эйфеля**.

Трубы прямого действия

Аэродинамической трубой прямого действия называется установка, в которой поток воздуха, пройдя через трубу, снова выбрасывается в помещение или в атмосферу.

Недостаток закрытой рабочей части

Давление в рабочей части меньше, чем в помещении. Через отверстия для крепления модели подсасывается воздух — это затрудняет испытания и искажает измерение сил.

Решение — камера Эйфеля

Открытая рабочая часть окружается просторной герметичной камерой, где размещаются экспериментаторы и приборы; давление в ней выравнивается с давлением в потоке.

Труба с открытой рабочей частью

Камера Эйфеля, как и открытая рабочая часть:

- позволяет испытывать модели несколько больших размеров
- уменьшает влияние границ потока по сравнению с закрытой рабочей частью
- обеспечивает удобный доступ к модели и приборам

Недостатки труб прямого действия

- не вполне равномерное поле скоростей
- относительно большая мощность установки



Рисунок 2. Аэродинамическая труба с открытой рабочей частью

Сравнение схем рабочей части

Признак	Закрытая рабочая часть	Открытая рабочая часть
Границы потока	Жёсткие стенки	Свободная струя
Влияние границ на модель	Больше	Меньше, допускаются более крупные модели
Доступ к модели	Затруднён	Свободный
Давление в рабочей части	Ниже давления в помещении (у трубы прямого действия)	Равно давлению в окружающей камере
Потребная мощность	Меньше	Больше (примерно на 20 %)

Выбор схемы — компромисс между качеством потока, удобством эксперимента и затратами мощности.

Заключение и вопросы для самоконтроля

Выводы

1. Аэродинамическая труба создаёт в рабочей части равномерный установившийся поток.
2. Основные элементы: коллектор, рабочая часть, диффузор, вентилятор.
3. Скорость регулируется числом оборотов вентилятора.
4. Трубы бывают прямого действия и замкнутые, с закрытой и открытой рабочей частью.
5. Камера Эйфеля выравнивает давление вокруг открытой рабочей части.

Контрольные вопросы

1. Какими двумя методами исследуют воздействие воздуха на тело?
2. Дайте определение аэродинамической трубы.
3. Каково назначение коллектора и диффузора?
4. Что такое труба прямого действия?
5. Зачем нужна камера Эйфеля?
6. Сравните закрытую и открытую рабочие части.