

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДОЗВУКОВОЙ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТРУБЫ ЗАМКНУТОГО ТИПА С ОТКРЫТОЙ РАБОЧЕЙ ЧАСТЬЮ ($D_0=600$ мм)

С.И. Исатаев, Г. Толеуов, М.С. Исатаев, Ш. Оспанова

НИИЭТФ, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы

Целью данной работы является расчет большой дозвуковой аэродинамической трубы замкнутого типа для экспериментального исследования аэродинамики обтекаемых тел.

Лабораторные установки, создающие газовый поток заданных параметров для экспериментального изучения обтекания твердых тел, называют аэродинамическими трубами. Помещая в этот поток исследуемое тело (модель летательного аппарата, автомобиля, поезда и т.п.), можно определить действующие на него аэродинамические нагрузки.

Исследование силового взаимодействия потока и обтекаемого тела представляет собой одну из важнейших задач аэродинамики, решаемых с помощью эксперимента в аэродинамических трубах. В большинстве случаев при проведении таких исследований модель закрепляется в трубе, а газовый поток набегаёт на модель с заданной скоростью. Это приводит к тому, что силовое взаимодействие потока и тела происходит в условиях так называемого обращенного движения (в противоположность такому движению полёт тела в неподвижной газовой среде носит название прямого движения).

Принцип обращения, как это следует из принципа относительности классической механики, применим в случае прямолинейного равномерного поступательного движения тела. При соблюдении этих условий силовое воздействие потока на тело будет одинаковым как в прямом, так и в обращенном движении.

В основном все используемые в настоящее время аэродинамические трубы можно разделить по конструктивным признакам на трубы замкнутого и незамкнутого типа. В трубах первого типа непрерывно циркулирует одна и та же масса газа. Трубы замкнутого типа могут работать при различных давлениях в закрытой рабочей части и использоваться, следовательно, как трубы переменной плотности, обеспечивая тем самым возможность

исследований обтекания моделей при различных числах Рейнольдса $Re_\infty = \frac{v_\infty l}{\nu_\infty}$, где v_∞ и ν_∞

- соответственно скорость и кинематический коэффициент вязкости потока в рабочей части, а l – характерный размер обтекаемого тела.

В незамкнутых трубах газ, попав в рабочую часть через сопло, затем выбрасывается из трубы. В таких трубах происходит непрерывная смена потоков газа. Так как в каждый момент работы незамкнутой трубы в нее попадает новое количество газа, который должен разогнаться до расчетной скорости, расход энергии в такой трубе выше, чем в замкнутой установке, где необходимо лишь поддерживать движение циркулирующего газа.

Во всех случаях изучение обтекания тел в аэродинамических трубах производится на основе соответствующего данному эксперименту закона подобия, в зависимости от основных критериев подобия, например, от числа Рейнольдса (Re), Маха ($M_\infty = \frac{v_\infty}{a}$, где a – скорость звука) или других главных критериев для изучаемых явлений.

В зависимости от скорости потока в рабочей части аэродинамические трубы можно подразделить на дозвуковые ($0 < M_\infty < 0,8$), околосзвуковые ($0,8 < M_\infty < 1,2$), сверхзвуковые ($1,2 < M_\infty < 5$) и гиперзвуковые ($M_\infty > 5$). Иногда эта классификация дополняется трубами малых ($0 < M_\infty < 0,5$) и больших дозвуковых ($0,5 < M_\infty < 1$) скоростей.

Первые три вида труб могут выполняться как по замкнутой, так и незамкнутой схемам. Гиперзвуковые трубы строятся обычно незамкнутыми и с обязательным подогревом рабочего газа.

По виду рабочей части аэродинамические трубы разделяются на трубы с открытой и закрытой рабочими частями.

В зависимости от длительности работы трубы бывают кратковременного и постоянного действия. Труба кратковременного действия позволяет испытывать модель лишь в течение малого промежутка времени (несколько минут). Питание такой трубы осуществляется от батареи баллонов высокого давления, куда воздух предварительно накачивается компрессорами. Емкость баллонной батареи определяет продолжительность работы аэродинамической трубы.

В трубах постоянного действия поток газа создается с помощью осевого компрессора, встроенного в аэродинамическую трубу и обеспечивающего необходимую степень сжатия газа для достижения заданных чисел M_∞ .

Целью настоящей работы является расчет параметров большой (диаметр рабочей части $D_0=600$ мм) дозвуковой аэродинамической трубы замкнутого типа для экспериментального исследования аэродинамики обтекаемых тел. В работе представлены расчетные данные составных частей аэротрубы, такие как рабочая часть и сопло.

Из условий обращения движения в аэродинамических трубах следует, что воздушный поток в той части трубы, где устанавливаются при опытах изучаемые тела, т.е. в рабочей части, должен иметь равномерное поле скоростей и давлений. Для обеспечения такого поля необходимо выполнять аэродинамический контур трубы и устройства, расположенные в трубе, так, чтобы они не создавали условий для возникновения в движущемся газе возмущений (отрыва пограничного слоя и образования вихрей, скосов потока и т.п.). Эти возмущения, возникнув в какой-либо части контура, будут исказить поток, нарушая его равномерность далеко вниз по течению, в том числе и в рабочей части.

Схема аэродинамической трубы замкнутого типа представлена на рисунке 1.

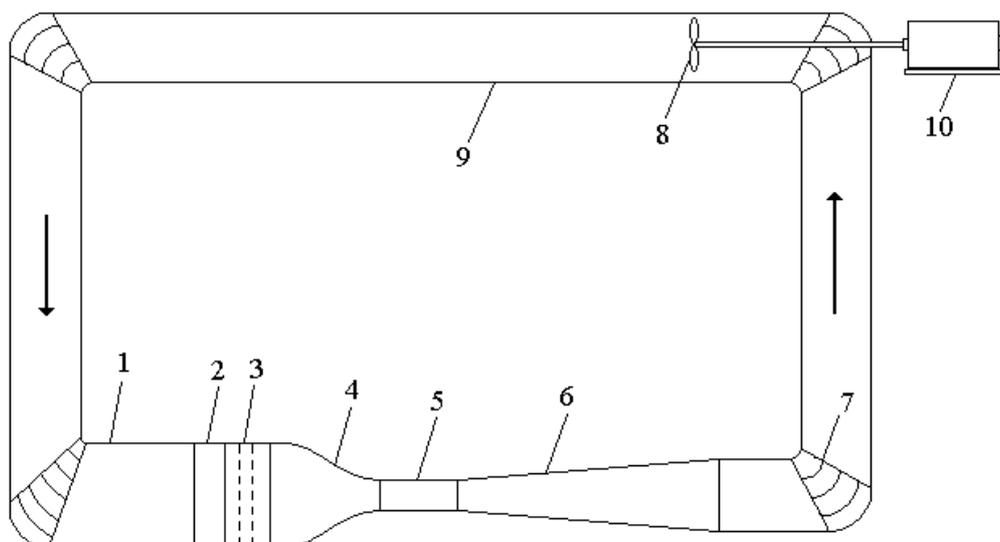
Основной частью всякой аэродинамической трубы является ее рабочая часть. Ценность трубы для экспериментальных исследований определяется характеристиками ее полей скорости и давления. Равномерность скоростей в рабочей части характеризуется величиной

отношения $\frac{\Delta v}{v_{cp}} = \frac{v - v_{cp}}{v_{cp}}$, где v и v_{cp} - соответственно местная и средняя скорости в

рассматриваемой точке поперечного сечения рабочей части аэродинамической трубы. Эта величина в хорошо отлаженных трубах составляет несколько десятых процента. Поток в рабочей части должен иметь по возможности малый скос относительно оси трубы. В современных трубах отклонение направления скорости от оси трубы не превышает десятых долей градуса. На внешней границе рабочей части вследствие влияния стенок или внешнего неподвижного воздуха (соответственно у труб с закрытой или открытой рабочей частью), скорость падает до нуля и в этой области поток не является равномерным. Длина рабочей части l_p трубы составляет обычно величину порядка $1 \div 2 D_0$, где D_0 - диаметр рабочей части.

Основная роль в формировании равномерного поля скоростей в рабочей части принадлежит соплу (коллектору) – плавно сужающейся части трубы перед рабочей частью.

Сопло служит, прежде всего, для уменьшения начальной неравномерности профиля скорости, всегда имеющей место во входном сечении сопла. Кроме того, оказывает влияние на начальную турбулентность потока в рабочей части трубы.



1-форкамера; 2- хонейкомб; 3-выравнивающие сетки; 4-сопло; 5-рабочая часть; 6-диффузор; 7-поворотные лопатки; 8-вентилятор (компрессор); 9-обратный канал; 10-двигатель

Рис. 1. Схема замкнутой аэродинамической трубы

Для достижения вышеуказанных необходимых условий, нами были предложены следующие расчетные данные для рабочей части и для сопла:

1. Площадь рабочей части трубы $S_0 = \frac{\pi D_0^2}{4} = 0,283 \text{ м}^2$ (этот параметр показывает, что рассчитываемая аэротруба является большой дозвуковой).
2. При мощности мотора $N=10$ кВт и КПД вентилятора $\eta=0,7$, качестве трубы $K=2$, максимальная скорость $U_0 = \sqrt[3]{\frac{NK\eta}{\rho S_0}} = 35,5 \text{ м/с}$, где ρ -плотность воздуха. При $K=4$ $U_0=44,7 \text{ м/с}$.
3. Примем $U_0=35 \text{ м/с}$ и секундный расход воздуха $Q_0=9,91 \text{ м}^3/\text{с}$. Число Рейнольдса по скорости в рабочей части $Re_0 = \frac{U_0 D_0}{\nu} = 1,25 \cdot 10^6$, где ν -кинематический коэффициент воздуха. При таком числе Рейнольдса в данной аэродинамической трубе можно достичь сверхкритический режим течения.
4. Поджатие сопла $\frac{S}{S_0} = 7,95$ (площадь входного сечения сопла $S=1,5 \bullet 1,5=2,25 \text{ м}^2$).
5. Длина сопла $l_c=1600$ мм. Длина стенок камеры $l_{кам}=700$ мм. Длина рабочей части $l_p=900$ мм.

Литература

1. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы. – М.: Энергия, 1978.
2. Прикладная аэродинамика. Под ред. Краснов Н.Ф.- М: Высшая школа, 1974. – 731с.
3. Повх И.Л. Аэродинамический эксперимент в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1965. – 480 с.
4. Горлин С.М., Слезингер И.И. Аэромеханические измерения. - М.: Наука, 1964. – 720 с.

**ЖҰМЫС БӨЛІГІ АШЫҚ ($D_0=600$ мм) ТҰЙЫҚ ТИПТІ ДЫБЫС ЖЫЛДАМДЫҒЫНА
ДЕЙІНГІ АЭРОДИНАМИКАЛЫҚ ҚҰБЫРДЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЕСЕПТЕУ**

С.И. Исатаев, Ғ. Төлеуов, М.С. Исатаев, Ш. Оспанова

Берілген жұмыстың мақсаты, орай ағылатын денелердің аэродинамикасын ксперименттік зерттеуге арналған тұйық типті дыбыс жылдамдығына дейінгі аэродинамикалық құбырдың параметрлерін есептеу болып табылады.

**RESCHET PARAMETERS OF SUBSONIC WIND-CHANNEL OF THE RESERVED TYPE
WITH THE OPENED WORKING PART ($D_0=600$ mm)**

S. Isatayev, G. Toleuov, M. Isatayev, Sh. Ospanova

The purpose of this work is a calculation of large subsonic wind-channel of the reserved type for experimental research of aerodynamics of the streamlined bodies