

УДК 656.1(075.4)

DOI: 10.46960/2782-5477_2022_4_15

Л.А. Черепанов, А.В. Бобровский, А.А. Михеев, Р.А. Федотов
СТЕНД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
МАСШТАБНЫХ МОДЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ

Тольяттинский государственный университет

Представлена конструкция малогабаритной аэродинамической трубы, используемой для определения аэродинамических свойств моделей автомобиля.

Ключевые слова: аэродинамика, автомобиль, стенд, конструкция, скорость потока воздуха, сила сопротивления воздуха.

Аэродинамика автомобиля изучает явления, происходящие в результате взаимодействия автомобиля и воздушной среды. При проектировании автомобиля возникают проблемы придания формы, которая снизит затраты мощности двигателей на преодоление сопротивления воздуха, повысит аэродинамическую устойчивость и уменьшит расход топлива [1]. Известно, что при скорости 100 км/ч легкового автомобиля 70-80 % мощности двигателя расходуется на преодоление сопротивления воздуха, следовательно, снижение сопротивления воздуха позволяет существенно улучшить экономичность, экологичность, скоростные показатели автомобиля [2]. С этими аспектами напрямую связаны управляемость, загрязняемость кузова, устойчивость и безопасность, особенно при высоких скоростях.

Автомобильная аэродинамика сейчас выполняет не одну и не две, а целый комплекс основных задач. Многие конструкторы и инженеры трудятся, чтобы достичь наименьшего значения сопротивления автомобиля воздушной среде. Необходимо следить за величиной распределения подъемной силы по осям автомобиля, ведь некоторые автомобили сейчас набирают огромные скорости, подобные тем, на которых самолеты начинают подъем со взлетной полосы. При этом нужно учитывать, что двигателю должен поступать достаточный поток воздуха для охлаждения, в салоне авто должна обеспечиваться вентиляция для комфорта пассажиров. Правильная аэродинамика намного снижает уровень шума в салоне, в задачи конструкторов также входит управление воздушными потоками так, чтобы они не оседали на стеклах автомобиля. При большой скорости набегающего потока воздуха очистка ветрового стекла должна обеспечиваться максимально качественно.

Аэродинамические свойства автомобиля испытывают в автомобильных аэродинамических трубах. Разрабатываемый или готовый автомобиль обдувается в них с разных углов. До проектирования стенда проводится анализ существующих аэродинамических труб, используемых в различных автомобильных фирмах [1]. В работе представлен аэродинамический стенд, с помощью которого на лабораторных работах проводятся испытания аэродинамики моделей автомобиля.

1. Конструкция стенда

Созданный стенд является простейшей аэродинамической трубой, он имеет как преимущества, так и недостатки. Важными достоинствами являются компактность и экономичность элементов. Стенд позволяет с достаточной точностью в лабораторных условиях определить лобовое сопротивление модели автомобиля. Негативным аспектом является то, что скорость потока в рабочей части в среднем составляет 12 м/с, что не позволяет проводить исследования на реальных моделях. Помимо этого, из-за небольшой длины стенда (1,2 м) поток воздуха не совсем успевает стать ламинарным, даже несмотря на наличие пластин для

разбивания турбулентного потока, при этом создаются незначительные пульсации воздушного потока по всей площади тестовой зоны (максимум 1 % от требуемой скорости). Стенд состоит из трех секций: рабочая часть, сопло, приводная часть.

Первая секция представляет собой квадратный профиль, внутри которого установлена труба и электромоторы с крыльчатками (рис. 1). Длина трубы 310 мм, радиус 159,5 мм. Фиксируется труба со стороны сопла стальными прутьями диаметром 5 мм, с входной стороны пластиной плотно прилегающей к квадратному профилю.

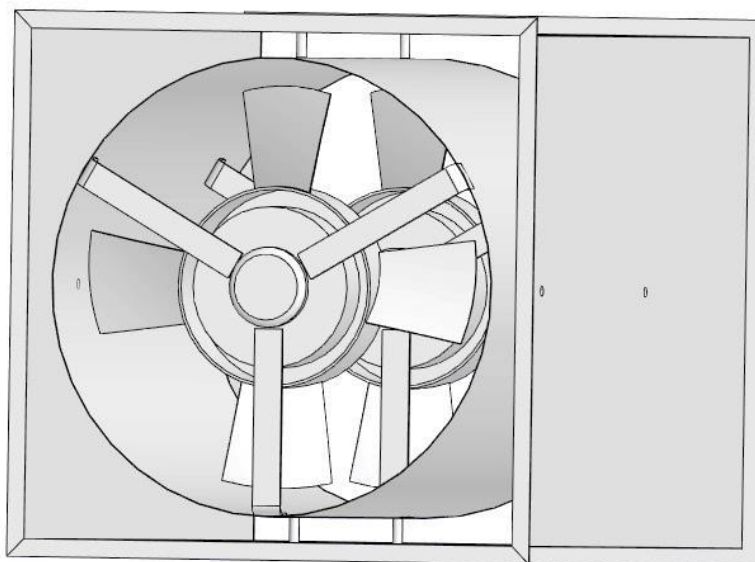


Рис. 1. Общий вид первой секции

Привод – воздушный поток в системе обеспечивается двумя электромоторами с четырехлопастными крыльчатками. Электродвигатели постоянного тока МЭ-272 (мощность 110 Вт) с возбуждением от постоянных магнитов (четырёхщеточные, восьмиполюсные) приводятся в движение импульсным блоком питания S-500-12. Характеристики блока питания позволяют подключить к нему сразу два электромотора МЭ-272 и обеспечить их работу на полную мощность.

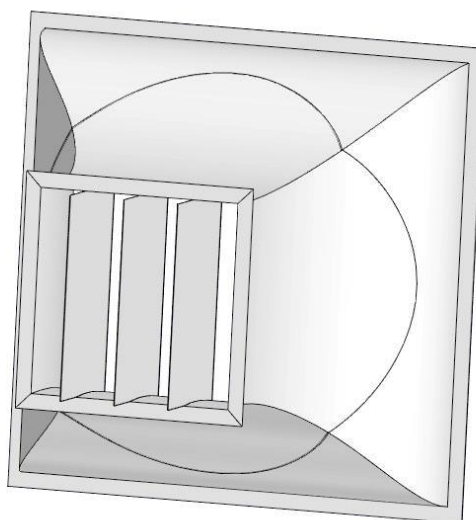


Рис 2. Сопло в сборе со стороны выходного сечения

Сопло – часть аэродинамической трубы, которая обеспечивает требуемый воздушный поток за счет сужающегося выходного сечения. В данном стенде оно имеет различное сечение – на входе круглое (большое), а на выходе прямоугольное (малое). Сопло выполнено следующим способом: в трапецеидальную конструкцию устанавливается часть трубы, с одной стороны, выполнены вырезы для плотного прилегания трубы к конструкции, с другой – для предотвращения потерь напора воздуха наклеены резиновые уплотнители закрывающие зазор между секциями труб. Профиль сопла (рис. 2), рассчитан по формуле Витошинского на каждые 50 мм длины, так как сечение имеет разную форму, радиус выходного сечения был взят по половине диагонали высоты прямоугольника [3].

Для сопла дозвуковой трубы важную роль играет степень поджатия. Чем она больше, тем ровнее профиль скоростей на выходе, меньше турбулентность и гидравлические потери. Меньшие гидравлические потери способствуют уменьшению затрат энергии привода. Для разработанной конструкции степень поджатия трубы равна 3.

Рабочая часть (рис. 3) – это секция, в которой устанавливается испытываемая модель. Она имеет форму параллелепипеда, рабочая площадь квадратного сечения $0,0270 \text{ м}^2$, на боковой стенке имеется окошко для наблюдения за экспериментом размером 150×80 . Длина самой секции составляет 300 мм. Такие размеры обусловлены размером испытываемой модели. На верхней части секции имеется отверстие и пластина, на которую установлены электронные весы WH-A8. Диапазон измерения весов: 0-10кг (шаг 5 г), 10-50 кг (шаг 10 г). Общий вид стенда показан на рис. 4.

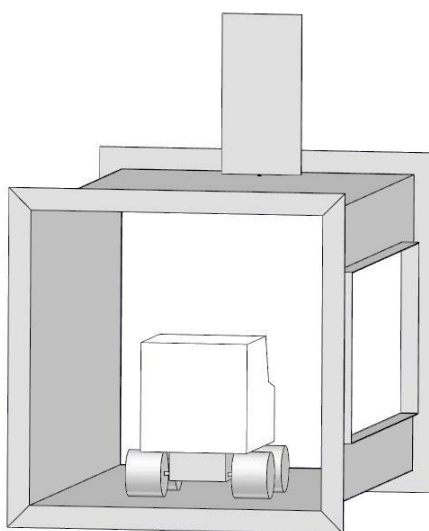


Рис. 3. Рабочая часть аэродинамической трубы

Актуальность трубы для лабораторных исследований характеризуется ее полями скоростей и давлением. На стенде обеспечена равномерность скоростей в рабочей секции. Измерения скоростей потока воздуха в разных точках производились с помощью анемометра АКТАКОМ АТТ-1002, средняя скорость в центре сечения рабочей части $V_{cp} = 12 \text{ м/с}$.

Измерение скорости воздуха

В процессе испытаний в аэродинамической трубе может возникнуть необходимость измерения скорости воздуха в определенных местах – внутри автомобиля или вне его. Если скорости, которые нужно измерить, малы (менее 10 км/ч), их приближенное значение можно измерить с помощью гидрометрической трубки. Хорошими устройствами для этих целей яв-

ляются крыльчатый анемометр и термоанемометр. Степень турбулентности воздушного потока можно замерить с помощью термоанемометра» [2].

Крыльчатый анемометр состоит из крыльчатки, помещенной в цилиндрический корпус. Скорость ее вращения соответствует скорости воздуха, которую требуется измерить, поэтому измеряемым параметром является число оборотов крыльчатки [3].



Рис. 4. Стенд для аэродинамических испытаний модели автомобиля

2. Коэффициент аэродинамического сопротивления

Коэффициент аэродинамического сопротивления – безразмерная величина C_x определяемая из формулы:

$$F_B = \frac{C_x \rho}{2} A_a V_a^2 \quad (1)$$

где:

F_B – сила сопротивления воздуха, Н;

ρ – плотность воздуха, кг/м³ ;

A_a – лобовая площадь (площадь наибольшего поперечного сечения автомобиля), м²;

V_a – скорость автомобиля, м/с.

Коэффициент аэродинамического сопротивления зависит от площади поперечного сечения, формы кузова, длины автомобиля и качества его покраски; он увеличивается при установке на автомобиль дополнительных фар, антенн, наружного зеркала, багажника и др.

3. Методика проведения испытаний

1. Устанавливается модель автомобиля в рабочую часть трубы, соединяется тросиком с динамометром.
2. Рассчитывается площадь поперечного сечения модели.
3. Включаются электродвигатели.
4. Динамометром определяется сила сопротивления воздуха.

5. Скорость движения воздуха измеряется анемометром.
6. Плотность воздуха принимается равной $1,293 \text{ кг/м}^3$.
7. Из формулы, по которой рассчитывается сила сопротивления воздуха, определяется величина коэффициента аэродинамического сопротивления.

Изменяя форму кузова модели автомобиля и выполняя работу по пунктам 1-7, исследуем влияние формы на величину коэффициента аэродинамического сопротивления. Для измерения вертикальной нагрузки в конструкции рабочей камеры сделано отверстие, в котором устанавливается площадка, соединенная с тензометрическим элементом и мультиметром. Модель автомобиля задней осью опирается на данную площадку. Во время продувки модели под действием силы сопротивления воздуха происходит изменение вертикальной нагрузки на заднюю ось, что регистрируется мультиметром тензометрического элемента.

Выводы

Создан стенд для определения коэффициента аэродинамического сопротивления моделей автомобиля при различных их формах и для влияния коэффициента аэродинамического сопротивления на изменение вертикальной нагрузки на оси моделей автомобиля.

Стенд предназначен для использования в учебном процессе, при выполнении лабораторных работ на кафедре «Проектирование и эксплуатация автомобиля» Тольяттинского государственного университета по дисциплинам «Теория автомобиля» и «Испытания автомобилей».

Библиографический список

1. Аэродинамические трубы [Электронный ресурс] URL: <https://studfile.net/preview/2152192/page:4/>
2. Бернацкий, В.В. Исследования аэродинамики автомобиля [Текст] / В.В. Бернацкий, А.В. Острцов. – М.: Инфра-М, 2017. – 256 с.
3. Евграфов, А.Н. Аэродинамика автомобиля [Текст] / А.Н. Евграфов. – М.: МГИУ, 2010. – 355 с.