

К ВОПРОСУ АЭРОДИНАМИКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Абдусалямов Н. Н, Баранов А. Ю.

Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева

Алматы, Казахстан

Abstract

Aerodynamics of the transport facilities is studied with two main methods: test in wind tunnel and computer modeling. The main factor, that defines the meaning of aerodynamics of transport facilities is the resistance of form or resistance of pressure.

Наиболее эффективным способом уменьшения аэродинамического сопротивления для автомобилей, используемых на междугородних перевозках, является применение спойлеров, которые позволяют сберечь до 3% топлива. Для того чтобы не увеличивать аэродинамическое сопротивление транспортных средств других типов, не следует устанавливать снаружи на их кузовах и платформах дополнительных деталей и устройств, форма которых не предусмотрена руководством по эксплуатации транспортных средств. Задача снижения лобового сопротивления – приоритетная задача не только для аэродинамики, но, в свете борьбы за экологию, и для всего автомобилестроения в целом.

Сила сопротивления воздуха вычисляется по формуле:

$$F = C_x \frac{\rho V^2}{2} S$$

где F – рассчитывается сила аэродинамического сопротивления. S – площадь поперечного сечения (m^2), V – скорость воздушного потока (m/s), ρ – плотность воздуха ($1,23 \text{ кг}/m^3$), C_x – коэффициент аэродинамического сопротивления. Из формулы видно, что сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости. На больших скоростях сила сопротивления воздуха превосходит другие силы сопротивления. Из формулы также видно, что уменьшить силу сопротивления можно путем уменьшения коэффициента C_x и уменьшения площади поперечной проекции. Наличие силы сопротивления воздуха объясняется тем, что при движении автомобиль сжимает воздух, идущий перед ним, и там образуется область повышенного давления, и разрежает воздух сзади себя, где образуется область пониженного давления.

Аэродинамика транспортных средств изучается двумя основными методами — испытаниями в аэродинамической трубе и компьютерным моделированием. Аэродинамические трубы для испытания автомобильных транспортных средств иногда заменяются подвижной дорожкой, имитирующей движущееся дорожное полотно. Кроме того, колеса испытываемого транспортного средства могут приводиться во вращение. Эти меры принимаются для того, чтобы учесть влияние дорожного полотна и вращающихся колес на потоки воздуха.

Автомобили, имеющие хорошую обтекаемость, обычно равнодействующая аэродинамических сил приложена в передней части, а если центр тяжести находится в задней части, являются аэродинамически неустойчивыми. Но благодаря большой боковой обтекаемости создается препятствие этому. Можно привести пример такого кузова – это «каблук». Так же к аэродинамической неустойчивости предрасположены автомобильные кузова, кузов которых имеет малый уклон крыши и скругленную заднюю часть.

Для того чтобы поток воздуха не отрывался от кузова наиболее разумно сделать небольшой уклон крыши, ставить вертикальные стенки в тех местах, где идет поток воздуха. Можно применить в этой части кузова спойлер, который уменьшает сопротивление воздуха. Но тут тоже имеются свои недостатки – водителю приходится смотреть только по боковым зеркалам заднего вида, чтобы получить обзор того, что идет сзади. Боковые зеркала в свою очередь сильно повышают аэродинамическое

сопротивление автомобильного транспортного средства.

Боковая аэродинамическая сила может действовать по оси. При таком равнодействующей аэродинамической силы автомобильное транспортное средство сдвигается, но не поворачивается.

В случае прохождения аэродинамических боковых сил впереди оси, автомобильное транспортное средство поворачивается по направлению ветра, следовательно аэродинамически неустойчивое. В случае, когда эта сила приложена сзади, транспортное средство выполняет поворот против направления ветра, а так как продолжается движение вперед, то через некоторый период времени, в течении которого водитель повороту руля делает маневр для неизменяемости направления движения, транспортное средство возвращается в своё начальное направление.

Решение можно искать по двум направлениям. Первое – это уменьшение поперечного сечения транспортного средства или создание более узкого и низкого. Путь весьма эффективный, потому что сопротивление воздуха напрямую зависит от размеров объекта, но совершенно расходящийся с нынешней тенденцией к увеличению габаритов автомобилей.

А значит остается второй и единственный вариант – оптимизация процесса обтекания кузова, критерием совершенства которого как раз и является коэффициент аэродинамического сопротивления C_x (или C_w , как иногда встречается в литературе).

Существует несколько факторов, влияющих на C_x транспортного средства: внутреннее сопротивление, возникающее при прохождении воздуха через подкапотное пространство и салон; сопротивление трения между воздушным потоком и поверхностью кузова; и сопротивление формы, проявляющееся главным образом в избыточном давлении перед автомобильным транспортным средством и разрежении позади него.

Внутреннее сопротивление составляет около 12% от общей величины, и пока успехов в этой области не наблюдается: напротив, все более и более мощные современные автомобили требуют все больше воздуха для охлаждения.

Сопротивление поверхностного трения составляет 10% величины C_x . Прилегающий к поверхности слой воздуха сталкивается с микронеровностями покрытия и тормозится, образуется так называемый пограничный слой. Пока это течение находится в ламинарном состоянии, то есть все его частицы движутся в одном направлении, толщина пограничного слоя невелика (около нескольких миллиметров) и сопротивление трения небольшое. При переходе в турбулентное состояние траектории его частиц становятся хаотичными, пограничный слой расширяется, а вместе с ним увеличивается и трение – воздух становится более вязким. Для предотвращения этого требуется гладкость кузова, пограничный слой дольше оставался ламинарным. А для этого нужно уменьшать размеры кузовных элементов, закрывать уплотнителями щели между деталями. Помогает и приподнятые поверхности небольшой кривизны – прилегающий поток ускоряется, давление падает, и траектории частиц упорядочиваются.

За историю автомобилестроения вычислили такую закономерность – у гоночных автомобильных транспортных средств коэффициент C_x всегда выше на 10-20%, нежели у серийных макетов, которые проходили испытания. Такое явление наблюдается из-за того, что в испытаниях отсутствуют замки, дверные ручки, детали подвески и др.

Сопротивление формы или сопротивление давления – главный фактор, определяющий значение C_x . Причина его возникновения состоит в том, что спереди на автомобильное транспортное средство давит набегающий поток воздуха, а позади его «оттягивает» зона разрежения, образующаяся в результате отрыва потока от резко заканчивающегося кузова.

Самым же первым представителем этой плеяды была машина Камилла Дженатти, которой сам создатель впервые в истории преодолел рубеж в 100 км/ч – произошло это в 1899 году. C_x того транспортного средства, конечно, не известен, но, учитывая небольшую мощность в 67 л.с., можно предположить, что его аэродинамика все же была далека

ства – сопротивление увеличивал водитель, возвышавшийся над кузовом, и открытые элементы подвески и шасси.



Рис. 1 Первый автомобиль, преодолевший отметку в 100 км/ч (1899 г.). Приводился в движение двумя электромоторами суммарной мощностью 67 л.с. Масса – 1000 кг. Максимальная скорость 105 км/ч.



Рис. 2 Испытание транспортного средства в аэродинамической трубе

первые опыты проводил профессор В. Камм. Он создал опытный образец машины, имела форму капли. В его транспортном средстве была скруглена передняя часть, а он удлинил в целях не допущения срыва с неё воздушного потока. Ему так же увеличил боковую поверхность, оборудовав своё транспортное средство двумя управлениями для того, чтобы автомобильное транспортное средство было устойчиво в случае бокового ветра. Но рули пришлось оставить лишь в образцах в следствии того, что сильно ухудшился внешний вид транспортного Камма.

помощь Камму пришел П. Джерея со своим патентом. Благодаря его патенту было больше увеличение боковой поверхности транспортного средства, нежели у Джерея предложил использовать нижнюю часть транспортного средства в форме верхнюю часть форме вытянутой, симметричной горизонтальной проекции капли.

Литература

Агейкин Я.С., Парфенов В.Н. К вопросу численного анализа обтекания с кузовом вагонного типа воздушным потоком // Сб. «Труды ВКЭКИавтобуспрома», 984