

## АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

**Еділбекова Еркежан Мейрамбекқызы**

*arpabekov\_m@mail.ru*

Студентка транспортно-энергетического факультета ЕНУ им.Л.Н.Гумилева,  
Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель – К.К. Каптагаева

На автомобиль, движущийся в воздушной среде, действуют аэродинамические силы. Равнодействующая всех элементарных аэродинамических сил называется полной аэродинамической силой. Продольная составляющая полной аэродинамической силы называется лобовой аэродинамической силой или силой сопротивления воздуха. Поперечная составляющая называется боковой, а вертикальная составляющая – подъемной аэродинамической силой. При движении автомобиля часть мощности затрачивается на преодоление лобовой аэродинамической силы.

Сила сопротивления воздуха - одна из важнейших аэродинамических характеристик автомобиля, определяющих его эксплуатационные свойства, в особенности требуемую мощность силовой установки. Она зависит от формы и размеров автомобиля, его ориентации к направлению движения (или к скорости набегающего потока), от скорости движения, а также от свойств и состояния среды, в которой движется автомобиль.

Известно, что она возникает вследствие необратимого перехода кинетической энергии автомобиля в тепловую. При этом рассеяние кинетической энергии и превращение её в тепловую происходит посредством образования вихрей, ударных волн и аэродинамического нагрева поверхности.

Характеризуется сила сопротивления воздуха безразмерным коэффициентом  $C_{xa}$ .

Известно, что сила аэродинамического сопротивления пропорциональна квадрату скорости и рассчитывается по формуле

$$P_v = c_x \cdot S \cdot v^2 \cdot \rho / 2,$$

где  $S$  – площадь фронтальной проекции автомобиля;  $v$  – скорость движения автомобиля относительно воздуха;  $\rho$  – плотность воздуха;  $c_x$  – коэффициент аэродинамического сопротивления.

Известно, что аэродинамическое сопротивление не зависит от массы автомобиля. Площадь фронтальной проекции автомобиля определяется формой кузова и требованиям по обеспечению комфортного расположения водителя и пассажиров на сиденьях. Например, автомобиль большого класса может быть ниже, чем малого, так как сиденья у него зачастую располагаются ниже. У автомобиля малого класса из-за его небольшой массы и длины сиденья расположены выше над полом, и поэтому расстояние между передними и задними сиденьями меньше. Более прямое расположение водителя и пассажиров в автомобиле малого класса требует его большей высоты, но меньшей длины. Площади фронтальных проекций обоих автомобилей при этом почти одинаковы, но низкий и длинный кузов автомобиля большого класса аэродинамически более выгоден.

Мощность двигателя, необходимая для преодоления аэродинамического сопротивления, пропорциональна, следовательно, кубу скорости:

$$N_v = P_v \cdot v^3 / 3600 \text{ (кВт)},$$

где  $v$  — относительная скорость движения автомобиля.

Коэффициент аэродинамического сопротивления, как видно из таблицы, представленной ниже, изменяется в широком диапазоне в зависимости от формы кузова автомобиля. Аэродинамическое сопротивление различных автомобилей

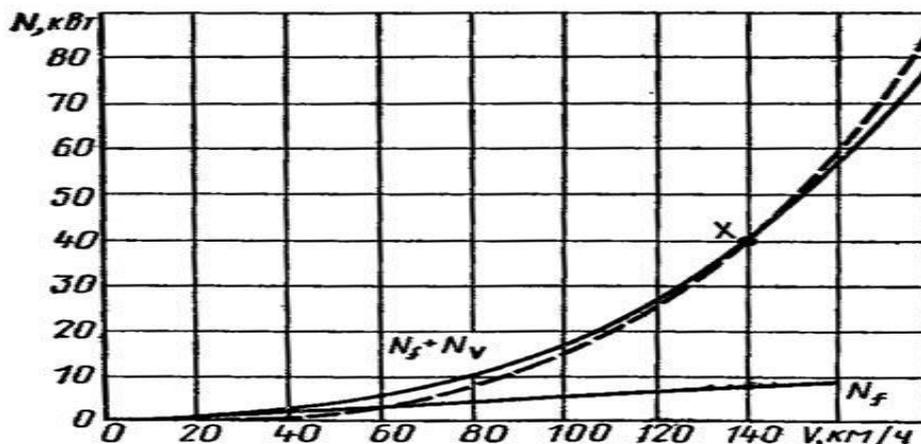
Кузов автомобиля	Коэффициент сопротивления воздуха $c_x$	Мощность, необходимая для преодоления аэродинамического сопротивления (кВт), при площади фронтальной проекции 2 м <sup>2</sup> и скорости		
		40 км/ч	80 км/ч	120 км/ч
Открытый четырёхместный	0,7 – 0,9	1,18 – 1,47	9,6 – 11,8	31,0 – 40,5
Закрытый, с наличием углов и граней	0,6 – 0,7	0,96 – 1,18	8,0 – 9,6	26,4 – 30,8
Закрытый, с закруглением углов и граней	0,5 – 0,6	0,80 – 0,96	6,6 – 8,0	22,0 – 26,4
Закрытый понтонообразный	0,4 – 0,5	0,66 – 0,80	5,2 – 6,6	17,6 – 22,0
Закрытый, хорошо обтекаемый	0,3 – 0,4	0,52 – 0,66	3,7 – 5,2	13,2 – 17,6
Закрытый, аэродинамически совершенный	0,20 – 0,25	0,33 – 0,44	2,6 – 3,3	9,8 – 11,0
Грузовой автомобиль	0,8 – 1,5	–	–	–
Автобус	0,6 – 0,7	–	–	–
Автобус с хорошо обтекаемым кузовом	0,3 – 0,4	–	–	–

Коэффициент аэродинамического сопротивления устанавливается продувкой автомобиля или его макета в аэродинамической трубе или приближенно в ходе эксплуатационных испытаний. При испытаниях в аэродинамической трубе на макетах получаются менее точные значения, чем при тех же испытаниях на реальных автомобилях. Это вызвано тем, что на изменение сопротивления воздуха оказывают влияние неточности изготовления некоторых узлов и деталей автомобиля: ручек дверей, днища кузова, бамперов, зеркал заднего вида и т. д. Кроме того, значительное влияние на величину  $c_x$  оказывает воздух, проходящий в кузов для охлаждения и вентиляции.

Обычно при больших скоростях движения автомобиля аэродинамическое сопротивление является преобладающим, которое подтверждается ранее проведенными исследованиями, а также практикой эксплуатацией любой транспортной техники.

На известном рисунке ниже показано изменение мощностей, необходимых для преодоления сопротивления качению  $N_f$  и аэродинамического сопротивления  $N_v$ , в зависимости от скорости  $v$  для автомобиля среднего класса. Анализ показывает, что при скорости 60 км/ч мощности, необходимые для преодоления сопротивления качению и сопротивления воздуха, почти не отличаются. При движении со скоростью 80 км/ч

мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздуха в 4 раза больше, чем при движении со скоростью 40 км/ч, а при скорости движения более 120 км/ч, необходимая общая мощность растет пропорционально кубу скорости автомобиля.



Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивлений движению

Таким образом, процессы определения аэродинамического сопротивления автомобиля являются достаточно сложными, так как зависят не только от основ механики жидкости и газа, но и эксплуатационно-технических характеристик конкретного автомобиля.

#### Список использованных источников

1. <http://icarbio.ru/articles/soprotivlenie-vozduha.html>
2. Унесенные ветром: Аэродинамика автомобилей, autotechnic.su, 30.10.2009
3. Мацкерле Ю. Современный экономичный автомобиль/Пер. с чешск. В. Б. Иванова; Под ред. А. Р. Бенедиктова. - М.: Машиностроение, 1987. - 320 с.: ил.//Стр. 110 - 114. – Прим. *icarbio.ru*
4. ГОСТ 22576-90. Автотранспортные средства. Скоростные свойства. – Москва : Издательство стандартов, 1991. – 13 с.
5. Краткий автомобильный справочник / Москва: Транспорт, 1984. – 220 с.
6. Цимбалин В.Б., Кравец В.Н., Кудрявцев С.М., Успенский И.Н., Песков В.И. Испытания автомобилей / [В.Б. Цимбалин и др.]. – Москва : Машиностроение, 1978. – 199 с.