



# НАВСТРЕЧУ ВЕТРУ



Как известно, сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости – столь быстро нарастает противодействие движению в процессе разгона. А значит, отбираемая от мотора мощность находится уже в кубической зависимости от скорости! Только представьте, с каким трудом автомобиль набирает последние десятки километров в час

**Олег Карелов**, эксперт по подбору автомобилей AutoTechnic.ru

Поиск путей снижения лобового сопротивления можно вести по двум направлениям. Первое – уменьшение площади поперечного сечения автомобиля, создание более узкого и низкого кузова. Путь эффективный, ведь сопротивление воздуха напрямую зависит от размеров объекта, но расходящийся с нынешней тенденцией к увеличению габаритов машин. Второе, а соответственно, и единственно возможное – оптимизация процесса обтекания кузова, критерием совершенства которого является коэффициент аэродинамического сопротивления  $C_x$ .

Величина  $C_x$  определяется опытным путем. Например, у так называемого обтекаемого тела, похожего на вытянутую каплю воды,  $C_x$  равен 0,04, у сферы – 0,47, у куба, грань которого перпендикулярна потоку, 1,05, а если его повернуть так, чтобы угол между воздушным потоком и гранями составлял 45 градусов, то  $C_x$  снизится до 0,8. Практически в том же диапазоне находится  $C_x$  практически всех автомобилей, разве что нижняя граница доходит примерно до 0,25.

Факторов, влияющих на  $C_x$  машины, несколько: во-первых, это внутреннее сопротивление, возникающее при прохождении воздуха через подкапотное пространство и салон, во-вторых, сопротивление трения между воздушным потоком и поверхностью кузова и, в-третьих, сопротивление формы, проявляющееся в избыточном давлении перед автомобилем и разрежении позади него.

Последнее – сопротивление формы – и является главным фактором, определяющим значение  $C_x$ . Причина его появления понятна: спереди на машину давит набегающий поток воздуха, а позади его «оттягивает» назад зона разрежения, образующаяся в результате отрыва потока от резко заканчивающегося кузова. Решение проблемы тоже, казалось бы, очевидно – нужно придать автомобилю такую форму, чтобы он плавно рассекал воздух и опять-таки плавно, без отрыва потока от поверхности, позволял ему сойтись позади себя. Но в таком случае машина должна напоминать дирижабль (точнее, его половину, отрезанную в продольной плоскости) – иметь минимум граней и, главное, очень длинную, постепенно сужающуюся заднюю часть. Однако о рациональной компоновке в этом случае говорить трудно.

Остается лишь аккуратно оптимизировать форму – пытаться малыми штрихами изменить картину обтекания автомобиля воздушным потоком. Тем более что число мест, оказывающих принципиальное влияние, ограничено.

## Разбор полета

К носовой части машины (оформлению бампера, фар и решетки радиатора) требований предъявляется не много, и различные формы могут обеспечивать почти одинаковое сопротивление – «разрезать» воздушный поток не составляет проблемы. Но в этом

месте важно придать воздуху правильное направление, ведь от этого зависит характер обтекания остальной поверхности кузова. В частности, нужно избегать отрыва потока от передней кромки капота – образующая за ней зона разрежения может протянуться аж до лобового стекла и увеличить  $C_x$  примерно на 0,05 единицы. Для этого, особенно при сильном наклоне «передка», необходимо сглаживать переход к капоту, избегая резких граней.

Дополнительно можно отыграть несколько сотых, установив небольшой передний спойлер. Сам по себе он увеличивает  $C_x$ , частично препятствуя затеканию воздуха под машину, но это компенсируется падением сопротивления днища, где уже гораздо меньший поток сталкивается с полосой препятствий в виде рычагов подвески, картеров агрегатов и выхлопной системой. Нередко подобного эффекта добиваются и за счет незначительного наклона автомобиля вперед – достаточно даже 2 градусов, чтобы понизить  $C_x$  на 2–3%.

А вот наклон лобового стекла, как ни странно, однозначного влияния не оказывает – в пределах стандартных 30–40 градусов четкая связь с величиной  $C_x$  не прослеживается. Зато положительную роль играет небольшая выпуклость крыши – снижение  $C_x$  может составить две-три сотых. Правда, это верно лишь при условии сохранения высоты кузова – кривизна должна достигаться вследствие увеличения наклона лобового и заднего стекла, ибо в противном случае уменьшение  $C_x$  нивелируется увеличением площади поперечного сечения.

Главный же элемент, определяющий аэродинамику автомобиля, – задняя часть кузова. Здесь счет идет уже не на сотые, а на десятые доли  $C_x$ !

Наименее эффективной оказывается форма с крутым срезом, кузов типа универсал – поток срывается прямо с кромки крыши, и за машиной образуется обширная зона разрежения, увеличивающая сопротивление движению. Сопутствующей неприятностью является и быстрое загрязнение заднего стекла, ибо в «пустующее» позади пространство активно устремляется поднятая пыль и грязь. И поправить положение никак нельзя, разве что установить дефлектор на крыше, над пятой дверью, отсекающий часть потока вниз – так и стекло будет медленнее пачкаться и разрежение слегка упадет.

Кузова со скошенной задней частью (как правило, хэтчбеки) выглядят на первый взгляд предпочтительнее – поток стекает по наклонной поверхности и отрывается внизу пятой двери, оставляя гораздо меньшую область разрежения. Однако справедливо это лишь при малом наклоне «кормовой» части, не более 23 градусов. Среди современных гражданских автомобилей такой формой обладают, пожалуй, только Audi A5 Sportback да Porsche Panamera. Остальные же хэтчбеки и близко не подбавляют к этой цифре, а потому по обтекаемости эквивалентны универсалам и точно так же оснащаются задним стеклоочистителем. Попытки же приблизиться к оптимальному углу чреватые еще большими проблемами.

Дело в том, что при уменьшении наклона до 28–32 градусов воздушный поток оказывается в некоем переходном состоянии – точка отрыва уже перемещается на нижнюю кромку «кормы», но плавного обтекания еще не наблюдается. При этом на наклонной поверхности возникают так называемые кромочные вихри – пото-

ки с боков кузова начинают попадать на наклонную заднюю часть и, закручиваясь по спирали, создают значительное разрежение за автомобилем. И хотя заднее стекло уже не пачкается, ибо вихри направлены вниз,  $C_x$  получается наихудшим. В свое время с такой проблемой столкнулся «Москвич 2141», который при визуальной обтекаемости имел  $C_x$  около 0,47.

А что делать инженерам, если им на стол лег такой неудачный дизайнерский проект с наклоном, близким к 30 градусам? Если поменять угол никак не нельзя, то можно пойти на крайние меры и установить на торце крыши спойлер – он сорвет поток, предотвратив образование кромочных вихрей, и по обтекаемости такой автомобиль хотя бы приблизится к универсалам. Хотя при небольшом наклоне (до 28 градусов) есть и менее радикальный способ – разместить  $C_x$  на том же месте спойлер чуть меньше, который не сорвет поток, а лишь переведет в турбулентное состояние, что поможет ему лучше удерживаться на наклонной поверхности.

Эти проблемы встречаются и на моделях со ступенчатым «задком», например седанах и купе, но последствия уже не столь страшны – оторвавшийся с крыши поток или закрутившийся на стекле кромочный вихрь «приземляется» на крышку багажника, успокаивается, а затем вновь и уже окончательно отрывается от задней кромки. В результате разрежение за задним стеклом получается небольшим, а вихревой след за автомобилем – почти как у хэтчбека с малым наклоном задней части кузова. Кроме того, увеличивая высоту и длину багажника, можно дополнительно понизить  $C_x$  на несколько сотых – чем раньше поток коснется поверхности и чем дольше будет пребывать в стационарном состоянии, тем лучше. Почти так же эффективно и незначительное сужение задней части. Поэтому именно седаны и купе, особенно большие, демонстрируют наилучшую обтекаемость.

## Недалеко ушли

Отслеживая появление новых моделей, трудно усомниться в прогрессе автомобильной аэродинамики – столь восторженно автопроизводители докладывают о своих достижениях. Но если посмотреть на такие дорогие машины, как BMW и Mercedes-Benz, то можно обнаружить, что за последние 20–25 лет улучшений практически нет. Например,  $C_x$  «семерки» BMW образца 1986 года равнялся 0,34, а новейшей модели – только 0,31. Более того, новый Mercedes-Benz E-Class с его  $C_x$  равным 0,27 (весьма неплохой величиной по нынешним меркам) оказывается... на одном уровне с E-Class 1995 модельного года! Аналогичная картина и с «пятеркой» BMW.

Таким образом, нижняя граница  $C_x$  нащупана давно, а наблюдаемый прогресс объясняется лишь снижением стоимости исследований, что позволило менее именитым брендам подтянуться к компаниям, изначально не жалевшим денег на проработку аэродинамики.

А как же двигаться дальше? Об этом уже давно говорят многие специалисты – необходимо вновь пересматривать роль аэродинамики в процессе создания автомобиля. Нужны новые формы, новые пропорции, главенство инженерной мысли над фантазией дизайнера. И потенциал здесь скрыт немалый – речь не только о выведенной еще в 20-х годах идеальной форме с  $C_x$  0,16, но и о более поздних исследованиях, подтвердивших, что обтекаемость и рациональная компоновка – понятия не взаимоисключающие. ■

