

Устойчивость и сопротивление движения автомобилей в зоне повышенной скорости ветра

Шугало А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Введение

Аэродинамическое сопротивление автомобиля обусловлено движением последнего с некоторой относительной скоростью в окружающей воздушной среде. Среди всех сил, составляющих сопротивление движению автомобиля, эта представляет наибольший интерес в свете всевозрастающих скоростей передвижения транспортных средств. Дело все в том, что уже при скорости движения 50-60 км/час она превышает любую другую силу сопротивления движению автомобиля, а в районе 100-120 км/час превосходит всех их вместе взятых.

Поэтому изучение ветра как климатического фактора очень важно. Именно основываясь на изучении скорости ветра, его направления и повторяемости дает основу конструкторам автомобилей создавать необходимую форму для машин.

Рассмотри этот вопрос более основательно.

1. Общее понятие о ветре

Ветер - это горизонтальное перемещение воздуха относительно земной поверхности.

Ветры возникают из-за разницы атмосферного давления, называемой барическим градиентом. Они никогда не дуют точно из области высокого давления в сторону низкого, смещаясь от действия силы Кориолиса. (рис. 1)

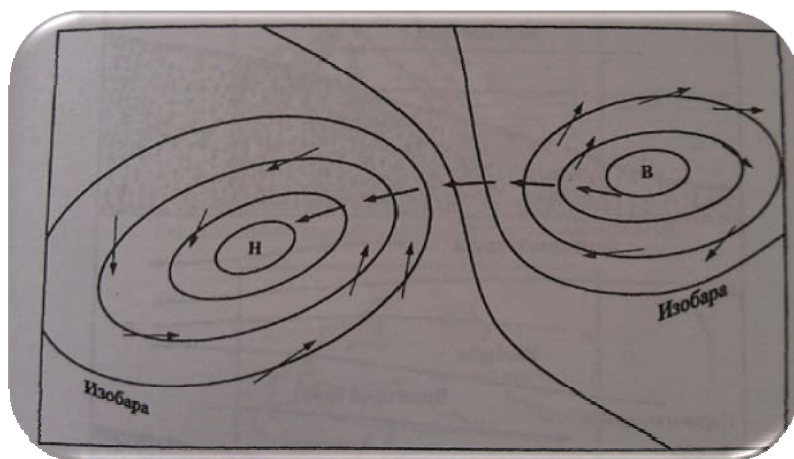


Рис. 1 Перемещение воздуха в зоны высокого давления (В) и низкого давления (Н)

Ветры, направленные из субтропиков к полюсам, становятся вестами, а к экватору - восточными пассатами. Ветры, возникающие на большой высоте и определяемые исключительно барическим градиентом и силой Кориолиса, называются географическими. Ближе к поверхности Земли закономерности движения воздушного потока усложняются, так как он испытывает не только нагревания и охлаждения (что приводит к изменению градиента), но и характера рельефа, соотношения суши и моря и многих других факторов.

На метеорологических станциях ветер оценивается направлением и скоростью. Направлением ветра принято считать ту сторону горизонта, откуда дует ветер. Ветры классифицируются по шкале Бофорта (табл. 1)

Таблица 1 – Шкала Бофорта

Балл ветра	Скорость, м/с	Название ветра по его силе	Примеры для оценки скорости
1	2	3	4
0	0-0,5	Штиль	Дым поднимается отвесно; листья неподвижны

1	0,6-1,7	Тихий	По флажку направление ветра еще определить нельзя, но по ощущению
2	1,8- 3,3	Легкий	Дуновение ветра чувствуется лицом; листья шелестят; флажок начинает
3	3,4-5,2	Слабый	Листья и тонкие ветви деревьев все время колышутся; флажок
4	5,3-7,4	Умеренный	Ветер поднимает пыль и приводит в движение тонкие ветки деревьев;
5	7,5-9,8	Свежий	Качаются тонкие стволы деревьев; на воде появляются волны с
6	9,9 -12,4	Сильный	Качаются тонкие сучья деревьев; гудят телеграфные провода; трудно
7	12,5-15,2	Крепкий	Качаются стволы деревьев; гнутся большие ветки; при ходьбе против
8	15,3-18,2	Очень крепкий	Ветер ломает тонкие ветки и сухие сучья деревьев, затрудняет движение
9	18,3-21,5	Шторм	Ветер вызывает небольшие разрушения, срывает дымовые трубы
10	21,6-25,1	Сильный шторм	Ветер вызывает значительные разрушения, вырывает с корнем
И	25,2-29,0	Жестокий шторм	Большие разрушения
12	Более 29,0	Ураган	Опустошения

Отсчет направления ветра начинается с севера и продолжается по часовой стрелке. Скорость ветра измеряется в метрах в секунду (м/с), в километрах в час (км/ч) или в баллах.

Скорость и направление ветра - весьма изменчивые характеристики физического состояния атмосферы. Поэтому скорость ветра принято принимать в среднем за 10-минутный, а направление ветра - за 2-минутный интервалы времени. При этом отмечается точка максимального порыва ветра (максимальная скорость). Кроме того, устанавливается изменчивость скорости и направления ветра, или его порывистость, которая оценивается

качественно: по направлению - постоянный или переменный, по скорости - равномерный или порывистый. [1]

2. Ветровой режим Беларуси

Ветровой режим на территории Беларуси обусловлен общей циркуляцией атмосферы над континентом Евразии и над Атлантическим океаном и определяется существованием центров действия атмосферы: Исландской депрессии - на протяжении всего года, Сибирского антициклона - зимой и Озерского антициклона — летом. Под их влиянием с ноября по март преобладают юго-западные ветры, а с мая по сентябрь - северо-западные. Скорость ветра зимой - 4-5 м/с, летом - 2-3 м/с. Сильные ветры бывают редко (5-10 дней в году). Зимой - при прохождении холодного фронта, летом - при ливнях бывают бури. Летом изредка бывают смерчи. На берегах больших озер существует бризовая циркуляция.

С 70-х годов XX века в Беларуси, как и в ряде районов Европейской России и Западной Сибири, наблюдается снижение скорости ветра. На графике (рис. 2) приведена погодичная скорость ветра за 50-летний период регулярных измерений, осредненная по всей территории Беларуси.

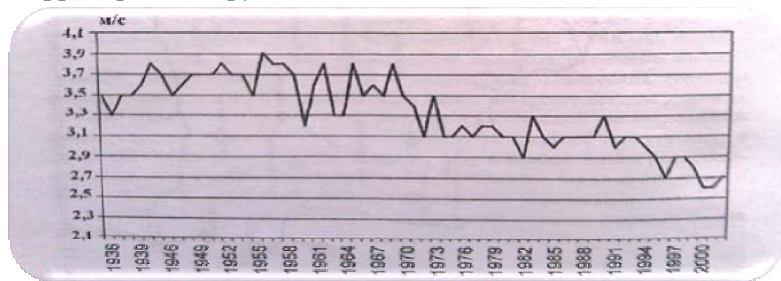


Рис. 2 – Средняя по Беларуси скорость ветра

Средняя скорость ветра по периодам имеет следующие значения:

1940-1970- 3,6 м/с

1971-1980-3,2 м/с

1981-1990-3,1 м/с

1991-2001-2,9 м/с

Как известно, в формулы ветровой нагрузки и энергии, переносимой ветром, скорость ветра входит в квадрате и кубе,

поэтому наблюдаемое уменьшение скорости является весьма существенным. В частности, оно означает уменьшение переносимой энергии в среднем более чем в 1,5 раза.

Сейчас нет достаточно обоснованных прогнозов того, как будет меняться скорость ветра в ближайшие десятилетия. Но сам факт уменьшения скорости ветра, даже просто как возможные колебания, должен учитываться в соответствующих расчетах, в частности, при разработке нетрадиционных источников энергии.

3. Аэродинамическое сопротивление автомобиля

На движение автомобиля в зоне повышенной скорости ветра будет влиять не только сила ветра и направление, но и форма машина.

Вообще, оценивая различные тела, которые перемещаются в воздушном пространстве, можно понять, что «грамотная» форма объекта – это необходимое условие, чтобы перемещение было менее трудным.

На рисунке 3 сравниваются тела с одинаковым отношением длины к высоте l/h или длины к диаметру l/d (это отношение иногда называют коэффициентом полноты тела); фактор близости основания (т.е. поверхности дороги) при таком рассмотрении может не учитываться.

Аэродинамическое сопротивление тела вращения ($C_x \sim 0,05$) состоит преимущественно из сопротивления трения; предельный случай чистого сопротивления трения имеет место при продольном обтекании плоской пластины. Для этого вида сопротивления имеется хорошая теоретическая база. Влияние вязкости воздуха заметно только в очень тонкой, прилегающей к стенкам зоне, называемой пограничным слоем. Основываясь на экспериментально определенных законах распределения касательных напряжений вдоль стенок, можно рассчитать характеристики этого пограничного слоя, например его толщину, касательное напряжение вдоль стенки, место отрыва, для этого лишь необходимо, чтобы был предварительно рассчитан внешний поток, который в данном случае рассматривается как идеальный, т.е. не обладающий вязкостью. Таким образом, можно провести оптимизацию,

например, тела вращения, т.е. для тела с предварительно заданным отношением l/h и предварительно

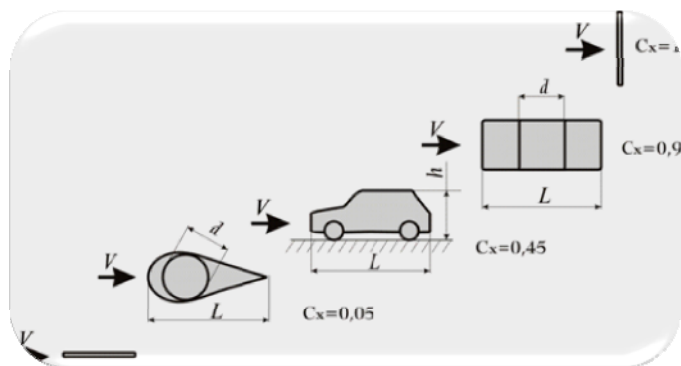


Рис. 3 – Формы машин и ее обтекание ветром

заданным объемом можно рассчитать форму, обеспечивающую минимальное аэродинамическое сопротивление. Однако с уменьшением коэффициента полноты l/d сопоставимость теоретических расчетов с экспериментальными данными ухудшается. Причина этого заключается в отличие давлений, рассчитанных теоретически и имеющих место в реальных условиях, в области отрываемого потока (базовое давление, в отечественной литературе этот параметр часто называют донным давлением).

Аэродинамическое сопротивление прямоугольного параллелепипеда, обтекаемого продольным потоком ($C_x \sim 0,9$) является в основном сопротивлением давления, в чистой форме этот вид сопротивления имеет место при обтекании плоской пластины, расположенной поперечно к потоку. Но даже в этом простом случае - простом в смысле того, что место отрыва однозначно определено острыми краемками - сопротивление давления в интересующем нас случае турбулентного потока в вихревом следе за пластиной не поддается расчету. Обратное действие области возмущенного потока, в которой существенно влияние трения, на идеальный, не обладающий вязкостью внешний поток гораздо сильнее, чем в случае пограничного слоя. Общеизвестной модели для вихревого следа за телом, несмотря на интенсивные работы по ее созданию, до сих пор нет. Итеративное

рассмотрение идеального, не обладающего вязкостью, а затем реального, обладающего вязкостью, потока - как в случае пограничного слоя - невозможно. Решение полных уравнений движения, так называемых уравнений Навье-Стокса, возможно только для ламинарного потока, когда закон изменения касательных напряжений известен; в случае турбулентного потока из-за отсутствия подходящего закона изменения касательных напряжений, не говоря уже о проблемах вычисления, такого решения нет.

Легковой автомобиль, несмотря на меньшее по сравнению с параллелепипедом аэродинамическое сопротивление, по механике потока ближе к параллелепипеду и сильно удален от тела вращения. Как будет показано в двух последующих разделах, обтекание автомобиля сопровождается отрывами, а его аэродинамическое сопротивление является преимущественно сопротивлением давления.

Так как аэродинамическое сопротивление не поддается расчету, то были предприняты попытки каталогизировать его в зависимости от основных параметров формы. Можно сказать, что эти усилия до сегодняшнего дня безуспешны. Число параметров, описывающих геометрию легкового автомобиля, слишком велико, и отдельные поля потоков находятся в весьма сложном взаимодействии друг с другом.

Как правило, набегающий на автомобиль поток несимметричен. Для упрощения речь идет лишь о симметричном обтекании; влияние бокового ветра на аэродинамическое сопротивление не рассматривается.

В целом поле потока вокруг автомобиля изучено недостаточно. Поэтому картину обтекания автомобиля можно представить только благодаря суммированию отдельных сведений по этому вопросу. Они получены в результате измерений скоростей потока, распределения давления и наблюдения обтекания как на поверхности автомобиля, так и в прилегающем к нему пространстве. [2]

Спойлер передка может выполняться отдельно устанавливаемой деталью кузова либо изготавливаться как единое целое с панелью передка, т.е. отштамповываться совместно с ней. В первом случае существует относительно большая свобода в выборе положения,

высоты и наклона спойлера. Во втором случае возможности при выборе параметров спойлера меньше, связано это прежде всего с технологическими причинами.

Стойка ветрового стекла (стойка А). Влияние стойки ветрового стекла на аэродинамическое сопротивление очень сильно зависит от положения и формы ветрового стекла, а также от формы передка. Решая вопрос снижения аэродинамического сопротивления путем правильного формообразования стойки ветрового стекла, как, впрочем, и любого другого элемента кузова, необходимо учитывать технологические возможности изготовления и ее функциональную нагрузку, которая заключается, например, в защите передних боковых стекол от попадания дождевой воды и грязи, сдуваемой с ветрового стекла, в поддержании приемлемого уровня внешнего аэродинамического шума и др. (рис. 4)

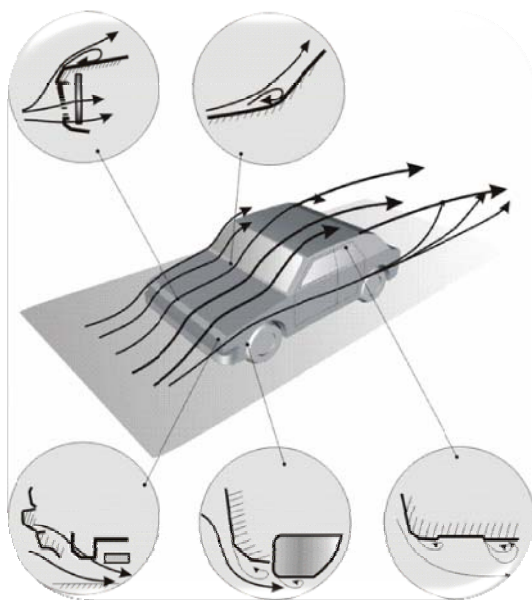


Рис. 4 - Схема обтекания передка легкового автомобиля и его элементов

Полученное таким образом поле потока для легкового автомобиля представлено на рис. Поле потока характеризуется многочисленными отрывами. Места, в которых может иметь место отрыв потока, показаны отдельно. Можно выделить два типа отрывов, а именно двумерные и трёхмерные. Линия отрыва в двумерном случае проходит преимущественно перпендикулярно к местному направлению потока. Если имеет место повторное прилегание потока, то образуются так называемые обратные потоки (циркулирующие потоки). Такие вихри могут возникать в следующих местах: на передней кромке капота; сбоку на крыльях; в зоне, образованной пересечением капота и ветрового стекла; на переднем спойлере и, возможно, в зоне излома при ступенчатой форме задней части автомобиля. Зоны, в которых оторвавшийся поток представляет собой близкое к двумерному вихревое движение (зоны "спокойной воды") чаще всего образуются с обратной стороны задка автомобиля. (рис. 5)

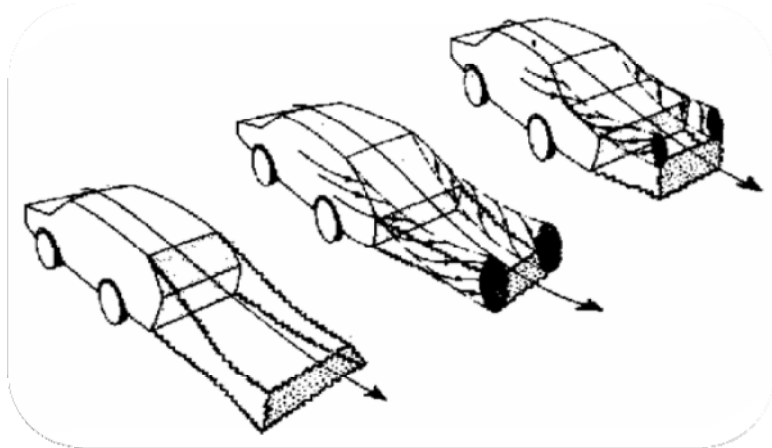


Рис. 5 - Схематичное изображение формы потока при различных исполнениях задней части автомобиля

В зависимости от структуры поля потока за автомобилем образуется длинный, сильно вытянутый назад открытый или короткий замкнутый вихревой след (см. рис. 5).

Оторвавшиеся потоки совершают циркулирующие движения, оси которых, как правило, проходят перпендикулярно к

набегающему невозмущенному потоку и параллельно к линии отрыва. На рисунке для каждой из трех форм задней части автомобиля показана пара вихрей, вращающихся навстречу друг другу. Нижний вихрь вращается в направлении против часовой стрелки; именно он переносит частицы грязи на обратную сторону автомобиля. Верхний вихрь вращается в противоположную сторону, т.е. по часовой стрелке.

При форме задка "универсал" пара вихрей поднимется в направлении потока и перемещается к плоскости симметрии. При плавно спускающейся и ступенчатой формах задка вихри вдоль потока опускаются к дороге и перемещаются наружу. Можно предположить, что эти продольные вихри являются продолжением описанных выше поперечных вихрей.

Второй тип отрыва имеет трехмерный характер; эти отрывы на рис. отмечены штрихпунктирными линиями или заштрихованными зонами. Вихревые трубки образуются на наклонно обтекаемых острых кромках, совершенно так же, как на треугольном крыле самолета. Такая пара вихрей образуется на правой и левой стойках ветрового стекла, так называемых стойках А. В районе верхнего конца стоек указанная пара вихрей изгибается по направлению к крыше; их дальнейшее взаимодействие с потоком в районе задней части автомобиля еще не изучено. Ярко выраженная пара вихревых трубок образуется позади автомобиля при определенном наклоне линии задка (см. рис.). Эти вихри взаимодействуют с внешним потоком и с двухмерным вихревым следом. Они в значительной степени аналогичны кромочным вихрям крыла конечного размаха. Указанные вихревые трубки в пространстве между их осями индуцируют поле нисходящего потока, которое определяет расположение линии отрыва потока, обтекающего тело. Этот механизм становится понятным, если рассмотреть рис. На правой фотографии существует пара сильных вихрей; на левой фотографии образование такой пары искусственным путем предотвращено. В первом случае индуцированный парой вихревых трубок нисходящий поток способствует тому, что линия отрыва расположена очень низко, и это приводит к образованию небольшого замкнутого вихревого следа. Во втором случае поток отрывается от задней кромки крыши, вихревой след так сильно

вытянут, что оканчивается вне пространства, имеющегося для наблюдений (длина рабочей части аэродинамической трубы).

Для количественной характеристики аэродинамического сопротивления используют следующую зависимость:

$$FX = CX * P * V^2 * FMID / 2$$

где: P - плотность воздуха;

V - скорость относительного движения воздуха и машины;

$FMID$ - площадь наибольшего поперечного сечения автомобиля (лобовая площадь);

CX - коэффициент лобового сопротивления воздуха (коэффициент обтекаемости).

Из – за сильного ветра машина может выехать на встречную полосу. Двигаясь на автомобиле во время дождя, метели, сильного тумана, еще как – то можно предугадать ситуацию на трассе, но порыв ветра возникает мгновенно и неожиданно.

К примеру, если скорость у ветра достигает 70 – 90 м/с, то он способен поднимать дома в воздух и различные железнодорожные составы. Когда был знаменитый Московский ураган, скорость которого была всего лишь 20 м/с валил на землю вековые деревья.

Обычный дачный груз, закрепленный на крыше, может придавить машину к дороге. При этом центр тяжести смещается вверх, а это значит, что увеличивается шанс, чтобы опрокинуться. Любой груз негабаритного размера уменьшает устойчивость машины. Даже велосипеды, которые закреплены на багажнике автомобиля, очень опасны.

Чем больше скорость автомобиля, тем устойчивость хуже. Так как проходящий воздух над крышей и под днищем автомобиля разный и в таком случае создается эффект крыла. На встречной можно оказаться даже вовсе и без груза. Поэтому лучше знать заранее, куда дует ветер.

Самыми ветренными местами являются большие и открытые пространства: равнины, степи, поля. На границе леса и поля, а также на вершине холма, может возникнуть, так называемый – эффект трубы. Такие места на дороге являются самыми опасными.

[3]

Заключение

Аэродинамика автомобиля – это наука, которая остаётся экспериментально доказываемой. Для снижения сопротивления движущегося тела, необходимо проанализировать его форму. Учесть возможные боковые ветры, воздействующие на кузов автомобиля. Распределение давлений вокруг движущейся машины отражается на ее движении по дороге. Устойчивость на больших скоростях падает. В нынешнее время делается очень много попыток, чтобы оптимизировать форму автомобиля, потому что необходимо постоянно иметь сцепление с дорогой и устойчивость при ветре, в том числе боковом и тыльном, а также влияет рельеф и характер дороги на аэродинамическое равновесие. Аэродинамичная форма кузова автомобиля – это составляющая безопасности и комфорта езды.

Поэтому можно сделать вывод, что устойчивость и сопротивление движения автомобиля в основном зависит от формы автомобиля и его характеристик. Но так же огромное влияние оказывают направление ветра, его скорость и другое.

В настоящее время конструкторы автомобилей стремятся как можно больше усовершенствовать форму автомобилей, повысить его устойчивость при езде.

Список литературы

1. Дорожная климатология: Учеб.пособие для студентов спец.29.10-"Стр-во автомоб.дорог и аэродромов" / Белорус.гос.политехн.акад.,Каф."Стр-во и эксплуатация дорог". - Мн., 1994. - 191 с.
2. Управляемость и устойчивость автомобилей: Испытания и расчет / М. А. Носенков, М. М. Бахмутский, Л. Л. Гинцбург. - М.: НИИНавтопром, 1981. - 48 с. – (Ш. Грузовые автомобили и специализир. автомоб. трансп. Обзор.информ. / НИИ информ. автомоб. пром-сти).
3. ДОСААФ России
<http://dosaaf-51.ru/page,2,bezopasnost.html>

Заключение

Таким образом, климат и метеорология являются неотъемлемой частью изучения планеты Земля и всех процессов, происходящих в атмосфере и природе. Метеорология как наука играет немаловажную роль в структуре наук, связанных с исследованием Земли и пространства, за ее пределами. Мы рассмотрели приборы, используемые в изучении атмосферы и Земли, катаклизмы, солнечную радиацию, облачность, туманы. Также был проведен анализ наиболее ценных трудов и энциклопедий, связанных с климатологией. Рассмотрели ученых, которые занимали ведущее место в этой науке.