

НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 629.01

Ю.И. Палутин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ТРЕБУЕМОГО ПОДПОРА ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА В САЛОНАХ АВТОМОБИЛЕЙ

Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия

В статье анализируется возможность защиты салонов автомобилей от проникновения пыли и других вредных для людей веществ путем создания в них подпора давления воздуха. На основе экспериментальных данных показана возможность данного метода. Для каждого режима работы вентиляционной системы имеется своя предельная скорость движения автомобиля, до которой возможно предотвращение проникновения в салон вредных веществ.

Ключевые слова: подпор давления, герметичность кузова, защита салона.

Ввиду большой сложности конструкций кузовов современных автомобилей изготовление их полностью герметичными является практически невозможной и экономически нецелесообразной задачей. Наличие же неплотностей в кузове приводит к нежелательному воздухообмену. Одним из самых простых и надежных способов предотвращения такого воздухообмена считается способ поддержания в салоне повышенного внутреннего давления. Однако до настоящего времени нет пока ясного представления об эффективности данного способа - во всех ли случаях и для всех ли автомобилей целесообразно его применение. Нет пока четкого ответа и на вопрос, какой величины необходимо создавать подпор давления в салоне автомобиля для защиты его от проникновения внутрь вредных для здоровья людей веществ?

Поиск ответов на вопрос о величине требуемого подпора давления начнем с рассмотрения очевидного факта, что величина подпора давления в салоне для защиты его воздушной среды от проникновения нежелательных веществ должна быть больше разности между наибольшим давлением на неплотности снаружи кузова и давлением, которое установится в салоне движущегося автомобиля при отсутствии принудительной подачи в него воздуха. То есть, должно соблюдаться следующее неравенство:

$$\Delta P_{\text{вн}} \geq P_{\text{н.н}} - P_{\text{вн}}, \quad (1)$$

где $\Delta P_{\text{вн}}$ – подпор давления в салоне автомобиля; $P_{\text{н.н}}$ – наружное давление на кузов автомобиля; $P_{\text{вн}}$ – давление внутри салона.

Преобразовав его, получаем

$$\Delta P_{\text{вн}} \geq \left[\rho \cdot V_a^2 / 2 \right] \cdot (k_{\text{н.н}} - k_{\text{вн}}), \quad (2)$$

где ρ – плотность воздуха; V_a – скорость движения автомобиля; $K_{\text{н.н}}$ – безразмерный аэро-

динамический коэффициент давления на кузов автомобиля; $K_{вн}$ – безразмерный аэродинамический коэффициент давления внутри салона.

В правой части неравенства (2) величина коэффициента наружного аэродинамического давления $K_{нн}$ при всех реальных скоростях движения автомобиля остается постоянной. Коэффициент внутреннего аэродинамического давления $K_{вн}$, при выключенной системе принудительной подачи воздуха в салон, также является постоянной величиной [1]. Поэтому из уравнения (2) следует, что величина подпора давления в салоне должна возрастать по своему значению пропорционально квадрату величины скорости движения автомобиля, для чего требуется обеспечить линейный рост величины его воздухообмена.

На современных автомобилях устанавливают вентиляционно-отопительные системы, силовые установки которых имеют несколько режимов работы. Анализ аэродинамических характеристик этих установок показывает, что они, даже с учетом увеличения подпора давления в месте забора воздуха и уменьшения величины внутреннего давления в салоне, происходящих при увеличении скорости движения, неспособны обеспечить линейное увеличение подачи воздуха в салон. Поэтому, исходя из неравенств (1) и (2), следует, что на современных автомобилях каждому режиму работы их вентиляционной установки будет соответствовать своя предельная скорость движения $V_{пр}$, до которой она будет обеспечивать защиту салона от загрязняющих веществ. Величину этой предельной скорости движения можно определить из следующего выражения, полученного из неравенства (2),

$$V_{пр} \leq \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P_{вн}}{\rho(k_{нн} - k_{вн})}}. \quad (3)$$

Если в неравенство (3) подставить значение подпора давления, которое создает в салоне вентиляционная система на стоящем автомобиле, то в результате будет получено заниженное значение скорости, до которой обеспечивается защита салона из-за увеличивающейся при движении автомобиля производительности работы его вентиляционной системы. Однако опыт экспериментальных исследований автора показывает, что для автомобилей, герметичность и производительность вентиляционной системы которых находится на том же уровне, как и у автомобилей, выпускаемых в настоящее время отечественным автомобилестроением, неравенство (3) вполне можно использовать для ориентировочной оценки величины предельной скорости движения, до которой может обеспечиваться защита салона от загрязняющих веществ.

Для оценки возможности использования вентиляционной системы в решении задачи защиты салона от проникновения в его воздушную среду загрязняющих веществ рассмотрим обобщенные данные, взятые из литературных источников и из результатов исследований автора настоящей работы о величинах аэродинамических давлений как снаружи кузова движущихся автомобилей, так и внутри их салонов.

По данным аэродинамических испытаний легковых автомобилей в большой аэродинамической трубе [2], давление в салоне легкового автомобиля при выключенной системе вентиляции и закрытых вентиляционных проемах равно минус $0,3 \bar{P}$ (где \bar{P} – величина аэродинамического давления на движущийся автомобиль). Если при этом приоткрыты передние окна, то давление в салоне снижается до минус $(0,5 \div 0,6) \bar{P}$. При дорожных испытаниях, проведенных автором настоящей работы на автомобиле ГАЗ-3102, давление в салоне при его вентиляции только через неплотности и открытую вытяжную систему было равно минус $0,2 \bar{P}$, а при открывании стекол передних окон всего на 10 мм давление снижалось до минус $0,5 \bar{P}$. В автобусе ПАЗ-672 при воздухообмене через неплотности давление было равно минус $0,15 \bar{P}$ [94].

Сопоставление эпюр распределения давлений по наружным поверхностям в местах расположения наибольшего количества неплотностей названных автомобилей с подобными же данными других марок легковых автомобилей и автобусов дают основание считать, что в

салонах большинства автомобилей, в том числе, и в кабинах грузовых автомобилей, давление при воздухообмене через неплотности и открытые вытяжные системы устанавливается на уровне от минус $0,15 \bar{P}$ до минус $0,30 \bar{P}$. Если же в салоне приоткрыты или открыты полностью передние окна, то давление в нём снижается до величины минус $0,5 \div 0,6 \bar{P}$.

Приведенные факты дают достаточно полное представление о величинах внутреннего давления, которое устанавливается в салоне движущегося автомобиля при отсутствии принудительной подачи в него воздуха. Проведём подобную же оценку величин аэродинамических давлений, распределённых снаружи кузова автомобиля, но не по всем его поверхностям, а только тем из них, где при движении автомобиля сосредоточивается наибольшее количество пыли, выхлопных и подкапотных газов. К ним отнесём стенку щитка передка, днище, поверхность задней стенки и нижнюю заднюю часть боковых панелей кузова.

Как показывают экспериментальные данные, наибольшее по величине давление наблюдается на наружной поверхности щитка передка, выходящей в подкапотное пространство. Так, по данным работы [3], полученным в большой аэродинамической трубе, давление на верхнюю его часть достигает величины плюс $0,3 \bar{P}$. По результатам дорожных испытаний автомобиля ГАЗ-3102, проведенных автором настоящей работы, давление из подкапотного пространства на щиток передка достигало плюс $0,2 \bar{P}$. К нижней части щитка, переходящей в днище, это давление снижается до отрицательных значений.

На днищах кузовов и кабин автомобилей по всем их поверхностям наблюдаются обычно отрицательные давления, которые по своему значению уменьшаются по мере движения потоков воздуха от передней их кромки к задней. Только на некоторых автомобилях на днище перед задним мостом возникает небольшая по площади зона положительных давлений. Однако эту зону повышенных давлений можно не учитывать, так как в этой части кузова практически полностью отсутствуют какие-либо технологические отверстия и потому добиться ее полной герметизации не представляет особого труда. Поэтому можно считать, что давление снаружи на днище кузовов автомобилей не превышает величины равной минус $0,1 \bar{P}$.

На задних панелях кузовов, как легковых и грузовых автомобилей, так и автобусов, давление обычно всегда отрицательное. Только у легковых автомобилей с кузовом типа "Седан" в середине крышки багажника может существовать зона положительных давлений, слегка смещающаяся к боковым поверхностям при боковом ветре. Но данная зона не оказывает сильного влияния на загрязнение воздушной среды салонов автомобилей, так как она образуется от воздействия чистых масс воздуха и в местах расположения данной зоны обычно нет никаких неплотностей. Поэтому можно считать, что на задней поверхности кузовов всех автомобилей наружные давления почти никогда не превышают величину равную минус $0,1 \bar{P}$.

Давление снаружи на нижние задние части боковых поверхностей автомобилей, там, где наиболее вероятно появление пыли, выхлопных и подкапотных газов, практически всегда отрицательное. Давление в этой зоне только изредка может изменяться по своей величине при боковом ветре, но при этом оно обычно не превышает по своему значению величину атмосферного давления.

Приведенные обобщённые значения величин, как внутренних, так и наружных аэродинамических давлений, действующих на кузов движущегося автомобиля, сведены в табл. 1. В ней же приведены значения разности между величинами давлений на неплотности снаружи кузова и величиной внутреннего давления в салоне автомобиля, выраженные в долях полного аэродинамического давления.

Из результатов, приведенных в табл. 1, хорошо видно, что способ защиты салонов от проникновения в них загрязняющих атмосферу веществ путем создания необходимого подпора давления пригоден не для всех случаев эксплуатации автомобилей. Так, расчеты показывают, что при движении автомобиля с открытыми окнами со скоростью 150 км/ч в его салоне требуется поддерживать очень высокий подпор давления, на уровне от 425 Па до 900 Па . Если в салоне поддерживать подпор давления, равный 150 Па , то при данном варианте вентиляции, защита будет эффективной только до скоростей движения автомобиля,

равных 50÷90 км/ч. Если же учесть, что при наличии открытых окон поддерживать подпор давления в салоне, даже равный по величине 150 Па, для систем вентиляции на современном уровне автомобилестроения является пока нерешаемой задачей, то становится очевидным, что надежной защитой от этого нежелательного явления может служить только полная герметизация тех частей кузова, через неплотности которых загрязняющие вещества могут проникнуть внутрь салона.

Таблица 1

Разность между наружным и внутренним давлением в салоне на неплотности кузова, в долях полного аэродинамического давления

	Место расположения неплотностей	Режим вентилирования	
		Работает только принудительная вентиляция $P_{вн} = -(0,15 \div 0,30) \bar{P}$	Открыты передние окна $P_{вн} = -(0,50 \div 0,60) \bar{P}$
1	2	3	4
2	Щиток передка $+(0,2 \div 0,3) \bar{P}$	$(0,35 \div 0,60) \bar{P}$	$(0,70 \div 0,90) \bar{P}$
3	Днище и задняя панель $P_{нн} = -0,1 \bar{P}$	$(0,05 \div 0,20) \bar{P}$	$(0,40 \div 0,50) \bar{P}$
4	Нижняя задняя часть боковых поверхностей $P_{нн} = -0,1 \bar{P}$	$(0,05 \div 0,20) \bar{P}$	$(0,50 \div 0,60) \bar{P}$

При движении автомобиля с полностью закрытыми окнами, когда открыты только вытяжные лючки, для предотвращения поступления в салон загрязняющих воздушную среду веществ уже не требуется такой невыполнимо большой по своей величине воздухообмен. Однако и в этом случае, как наглядно видно из табл. 1, возникает проблема поступления в салон подкапотных газов через неплотности, расположенные в стенке щитка передка, так как для предотвращения этого его система вентиляции должна, например, при скорости движения автомобиля 150 км/ч создавать подпор давления, равный 375÷680 Па. При поддержании же в салоне подпора давления на уровне 150 Па защита будет возможной только до скорости движения автомобиля 75÷95 км/ч.

На первый взгляд, и в данном случае защитить салон от подкапотных газов можно только надежной герметизацией всех неплотностей щитка передка. Но на стенке щитка передка очень плотно друг к другу размещается большое количество различных узлов, агрегатов, механизмов всевозможных систем автомобиля, для большинства из которых в ней прорезаны сквозные отверстия. Добиться качественного уплотнения этих отверстий в условиях большого стеснения, когда к уплотнениям физически трудно добраться, при массовом производстве является очень сложной задачей. Вероятнее всего, в данном случае имеет смысл использовать другой, уже апробированный вариант решения этой проблемы, при котором щиток передка отгораживается от подкапотного пространства специальной перегородкой, в результате чего предотвращается поступление нежелательных подкапотных газов к самой стенке щитка передка.

Подобные перегородки нашли широкое применение на некоторых легковых автомобилях (Мерседес-Бенц 260Е, Форд-Скорпио, ГАЗ-3105 и др.). Благодаря такой перегородке в этих автомобилях в подкапотном пространстве перед щитком передка создается так называемая ниша воздухопритока. В этой нише размещают обычно климатическую установку и многие другие узлы и агрегаты автомобиля. Герметичность стенки, отделяющей её от подкапотного пространства, по сравнению с герметичностью щитка передка обеспечить значительно проще, так как в ней имеется небольшое количество сквозных отверстий и уплотнения в них ставятся при значительно меньшем стеснении. В нишах всегда находится чистый

воздух, поступающий обычно из зоны, расположенной перед лобовым стеклом. Такие перегородки имеет смысл ставить не только на легковых, но и на большинстве других, в том числе, и грузовых автомобилей.

Если будет решена проблема предотвращения проникновения подкапотных газов через неплотности щитка передка, то с задачей защиты салона от поступления в него загрязняющих атмосферу веществ через неплотности других ограждающих салон панелей при движении автомобиля с закрытыми окнами система вентиляции автомобиля вполне может справиться. Так, для этих целей в салоне автомобиля, движущегося со скоростью, равной 150 км/ч, требуется создать подпор давления, равный 200 Па. Если же вентиляционная система сможет поддерживать в салоне неподвижного автомобиля подпор давления, равный 150 Па, то защита салона при движении будет обеспечена до скоростей свыше 120 км/ч. Такие задачи вполне выполнимы для современных систем вентиляции.

Таким образом, способ защиты салона автомобиля от проникновения в него вредных для человека веществ путем повышения внутреннего давления не является универсальным. С помощью данного способа можно осуществить защиту салона при условии, что в нём будет работать только принудительная система вентиляции. Но даже в этом случае с помощью данного способа можно бороться с поступлением загрязняющих веществ только через неплотности днища, задней стенки и нижней части боковых панелей автомобиля. Для предотвращения поступления в салон нежелательных веществ через другие панели требуется проведение дополнительных мероприятий - таких, как более тщательная герметизация неплотностей этих панелей, установка дополнительных герметичных перегородок и т.п. Кроме того, следует учитывать, что применение данного способа обеспечивает надежную защиту салона при современных вентиляционных установках на каждом их режиме только до определенной скорости движения автомобиля.

Библиографический список

1. **Палутин Ю. И.** Теоретические и экспериментальные исследования внутренней аэродинамики салонов автобусов: автореферат дис. ... канд. техн. наук. – М, 1979. – 27 с.
2. **Гоецц, Н.** Концерн “ Даймлер-Бенц ”. Влияние результатов испытаний в аэродинамической трубе на форму кузова, вентиляцию и загрязнение поверхности легковых и спортивных автомобилей // Аэродинамика автомобиля: сб. статей: [пер. с англ.]. – М.: Машиностроение, 1984. С. 163–185.
3. **Шенкель, Ф. К.** Причины снижения аэродинамического сопротивления и подъёмной силы на автомобилях с передними и задними щитками // Аэродинамика автомобиля: сб. статей: [пер. с англ.]. – М.: Машиностроение, 1984. С. 309–323.

*Дата поступления
в редакцию 09.04.2010*

Yu. I. Palutin

DETERMINATION OF THE REQUIRED AIR PRESSURE QUANTITY IN AN AUTOMOBILE SALON

The article analyses the possibility to protect automobile salons from dust and other harmful substances with the help of air pressure. A number of experiments has been carried out and the possibility of this method has been shown. It is proved that the operating conditions of vent systems have the certain limited speed of automobile movement. If this speed is not exceeded harmful substances do not penetrate into the automobile salon.

Key words: air pressure; salon protection; hermetic body.