

## Давление газов в автомобильных шинах и климатические факторы

Алексей Федорович Колбасов

Московский государственный технический университет «МАМИ», Россия  
354000, Краснодарский край, Сочи, ул. Тоннельная, 29.  
ассистент  
E-mail: audit@iai-audit.ru

**Аннотация.** При довольно значительной динамике изменения основных климатических характеристик по сезонам года в суточном разрезе она ограничена и в большинстве случаев по гидрометеорологическим постам мира составляет по давлению воздуха порядка 10 мм ртутного столба и по температурам воздуха – 3–12 °С. В статье рассмотрены вопросы изменения давления в шине 175/70R13 легкового автомобиля ВАЗ при изменении температурного режима окружающей среды, в том числе при различной загрузке.

УДК 629.11

**Ключевые слова:** парциальное давление, влажность воздуха, давление в шинах, температура шины, закачка воздуха, закачка азота.

Шины легковых автомобилей являются наиболее нагруженным и дорогостоящим элементом автомобиля. В процессе эксплуатации они испытывают статические и динамические нагрузки, которые вызывают соответствующие деформации. При статических нагрузках деформация шины зависит от внешней нагрузки и внутреннего давления газа в ней. В результате статической деформации происходит уменьшение профиля шины, увеличение ширины профиля и площади контакта с дорогой, уменьшается ее радиус. Радиальная динамическая нагрузка вызывает деформацию шины, перемещающуюся по окружности при качении колеса. Каждый элемент профиля шины за один оборот колеса претерпевает цикл нагружения и разгружения (циклические деформации). Установлено, что для шины ведущего колеса деформация в окружном направлении распространяется приблизительно на 120 градусов по центральному углу, в передней части шины будет наблюдаться сжатие, а при выходе из контакта – растяжение. В автомобиле ВАЗ 2112 при скорости передвижения 80 км/час участки шины испытывают 12 деформаций в секунду. Каждая шина при нормальной эксплуатации выдерживает до 25–35 млн циклических деформаций. По данным многочисленных исследований динамические нагрузки превышают статические в 2–3 раза, а при наезде на препятствия – в 6–8 раз [4]. Установлено, что затраты на шины в процессе эксплуатации автомобиля составляют от 18 % до 25 % всех эксплуатационных расходов [5]. Автомобили эксплуатируются во всех климатических зонах земного шара в тяжелых условиях: снег, дождь, грязь и т.д. Рассмотрим влияние климатических условий на эксплуатационные характеристики автомобиля.

Климат – это многолетний режим погоды. Существует много классификаций климатов. Одной из наиболее частых в употреблении у климатологов и хозяйственников является генетическая классификация Б.П. Алисова [1]. В основу классификации он положил преобладание тех или иных зональных воздушных масс в различные сезоны. В качестве границ климатов взяты наиболее частые положения основных атмосферных фронтов. Б.П. Алисов выделил семь климатических поясов: экваториальный, экваториальных муссонов, тропический, субтропический, умеренный, субарктический (субантарктический) и арктический (антарктический). В каждом поясе он дополнительно выделил по две разновидности климатических низин и климат высокогорий. Границы климатов хорошо совпадают с ландшафтными зонами. При их определении учтено удаление различных частей материков от океана.

Важнейшими метеорологическими элементами являются температура, влажность и плотность воздуха, атмосферное давление, направление и скорость ветра, облачность, осадки, солнечная радиация, тепловое излучение земли и атмосферы, температура дорожного покрытия, испарения и явления погоды, например, грозы, туманы, метели и т.д.

При проведении исследований нами использовались данные гидрометобсерваторий областных и краевых центров системы гидрометеослужбы РФ, экспериментальных работ по замерам температуры поверхности шин, полотна автомобильных дорог. Эксперимент проводился с использованием электронного термометра ТЭН-5 ЗАО «ТЭРИФ-Н» (РФ, диапазон измерения  $-60^{\circ}\text{C}$  -  $+120^{\circ}\text{C}$ , предел допускаемой абсолютной погрешности в диапазоне температур  $-30^{\circ}\text{C}$  -  $+120^{\circ}\text{C}$  составляет  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  с разрешающей способностью  $0,1^{\circ}\text{C}$ ). В метеорологических наблюдениях температура в градусах шкалы Цельсия ( $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ). В случае оценки термодинамического состояния системы используется термодинамическая температурная шкала Кельвина (ТК). Применяемые шкалы характеризуют эквивалентное изменение теплового состояния среды при изменении их на равное количество градусов. Они имеют лишь различные значения начала отсчета шкал. Переход от шкалы Цельсия к шкале Кельвина определяется выражением:

$$\text{ТК} = 273,15 + t^{\circ}\text{C} \quad (1)$$

В современной метеорологии в стандартных сетевых измерениях температура определяется с точностью  $0,1^{\circ}\text{C}$ .

Используемая в настоящее время стандартная атмосфера (ГОСТ 4401-81) соответствует международным стандартам МС ПСО 2533 и стандарту Международной организации гражданской авиации. На уровне моря в качестве стандартного давления принято давление  $1013,25$  гПа (гектопаскаль,  $1\text{гПа} = 10^2\text{Па}$ ). Атмосферное давление определяется с точностью до  $0,1\text{гПа}$ . На метеорологических станциях гидрометеослужбы РФ давление воздуха определяется в мм рт. столба. В стандартной атмосфере давление на уровне моря при  $15^{\circ}\text{C}$  равно  $760$  мм ртутного столба. Следовательно, при стандартной атмосфере на уровне моря при  $15^{\circ}\text{C}$   $1$  ст. атм. =  $760$  мм рт. столба =  $101325\text{Па}$ .

Рассмотрим показатели влажности воздуха. Она характеризуется, с одной стороны, относительной влажностью, выраженной в %, а с другой, – парциальным давлением водяного пара в атмосфере. Выражается она в единицах давления с точностью до  $0,1$  гПа. Величина этого давления входит в состав давления атмосферного воздуха.

В автомобильной промышленности в рекомендациях заводов-изготовителей автотранспортных средств (АТС) рекомендуемые значения давления в шинах автомобилей даются в стандартных атмосферах. При довольно значительной динамике изменения основных климатических характеристик – давления воздуха, температуры и влажности – по сезонам года, их динамика в суточном разрезе ограничена и в большинстве случаев по гидрометеорологическим постам мира составляет по давлению воздуха порядка  $10$  мм ртутного столба и по температурам воздуха –  $3-12^{\circ}\text{C}$ .

С целью определения влияния этих изменений на давление в шинах АТС рассчитаем изменение давления в шинах при изменении давления воздуха на  $10$  мм рт. ст.,  $760$  мм рт. ст. –  $1$  атм.

При нормальном давлении в шине ВАЗ 2112 внутреннее давление газа должно составлять  $1368$  мм рт. ст. Увеличение или уменьшение атмосферного давления на  $10$  мм рт. ст. вызовет соответствующее изменение в шине, которое станет равным  $1368$  мм рт. ст. или  $1358$  мм рт. ст. (соответственно  $1,813$  атм и  $1,787$  атм). Изменения составляют  $\pm 0,013$  атм или  $1,3$  % от нормативного.

Рассмотрим вопросы изменения давления в шине 175/70R13 легкового автомобиля ВАЗ при изменении температурного режима окружающей среды. Принимаем, что объем закачиваемого в шину газа составляет  $40$  л, а рекомендуемое заводом-изготовителем давление составляет  $2,0$  кгс/см<sup>2</sup>. При закачке в шины воздуха принимаем, что содержание водяных паров в нем составляет  $2$  %. Тогда содержание закачиваемых основных компонентов воздуха в шину при давлении  $101,3$  кПа по объему, в соответствии с законом Дальтона о парциальном давлении всех входящих в него газов, составит: азот –  $30,61$  л; кислород –  $8,21$  л; пары воды –  $0,8$  л; аргон –  $0,37$  л; углекислый газ –  $0,01$  л. Осуществление работ по закачке газов в шину может выполняться при различном температурном режиме окружающей среды. Определим массу основных закачиваемых в шину газов при температуре воздуха  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$  и  $20^{\circ}\text{C}$  и доведении давления до  $2,0$  кгс/см<sup>2</sup>. Расчет выполняем по уравнению:

$$a = 0.01605 \cdot p \cdot M \cdot V / 273 + t \quad (2)$$

где:  $a$  – весовое количество газа (в г) в данном объеме  $V$  (в л);

$p$  – давление газа в мм рт. ст.;

$M$  – молекулярный вес газа;  
 $t$  – температура в °С.  
 Результаты расчетов сведены в табл. 1.

Таблица 1.

**Весовое количество основных компонентов воздуха и азота (в г),  
 закачиваемых в шину легкового автомобиля при различной температуре  
 окружающей среды и доведения давления до 2 атм ( 202,6 кПа)**

Основные газы	Масса основных газов воздуха и азота, закачиваемых в шину при температуре окружающей среды в °С			
	5	10	20	30
Азот	75,26	73,93	71,40	69,05
Кислород	23,06	22,65	21,87	21,15
Водяной пар	1,26	1,24	1,20	1,16
Аргон	1,28	1,25	1,21	1,17
Углекислый газ	0,03	0,03	0,03	0,03
Сумма, г воздуха	100,89	99,1	95,71	92,56

Приведенные расчетные данные свидетельствуют о значительной разнице в массе закачиваемого воздуха и азота в шину легкового автомобиля при закачке в различном температурном режиме, которая по воздуху при изменении температуры между 5 °С и 30 °С составляет 8,33 г, а по азоту – 8,11 г (порядка 8 %). Разница между массами закачиваемого воздуха и азота при одной и той же температуре составляет в вышеуказанном температурном диапазоне от 2,33 г до 2,55 г. Эти данные необходимо учитывать при доведении давления в шинах до рекомендованных значений заводов-изготовителей. Напрашивается вывод, что закачку и подкачку шин наиболее целесообразно вести при температуре, наиболее близкой к температурным условиям эксплуатации шин транспортного средства.

При эксплуатации автомобиля, а также в условиях постоянно изменяющихся суточных (сезонных) температур окружающей среды происходят изменения температурного режима шин с закачанным в них газом (газами). Определим изменения давлений в шине легкового автомобиля при различных изменениях температуры после закачки газов до давления, рекомендованного заводом-изготовителем транспортного средства. Расчеты выполнены по уравнению:

$$P = a(273 + t)/0.0321 M V \quad (3)$$

Условные обозначения приведены выше. Результаты расчетов сведены в табл. 2.

Таблица 2

**Изменение давления воздуха и азота (атм.) в шине легкового автомобиля  
 при изменении температурного режима после закачки**

Вид и температура закачанного газа	Масса газа, г	Давление в шине при изменении температуры после закачки, атм.						
		-20 °	-5°	0	+5°	+10°	+20°	+30°
Воздух +5 °С	100,89	1. Закачка воздуха						
		-	1,948	2,0	2,0192	2,055	2,126	2,1976
Воздух +10 °С	99,1	-	1,948	2,0	2,018	2,053	2,124	2,194
Воздух +20°С	95,71	1,848	1,949	2,0	2,017	2,051	2,1186	2,186
Воздух +30°С	92,56	1,853	1,95	2,0	2,016	2,0489	2,114	-
2. Закачка азота								
Азот +5°С	98,34	1,856	1,964	2,0	2,0359	2,0719	2,144	2,216

Азот +10°C	96,60	1,859	1,965	2,0	2,0352	2,0706	2,1412	2,2119
Азот +20°C	93,30	1,863	1,966	2,0	2,034	2,068	2,1363	2,2046
Азот +30°C	90,23	1,868	1,967	2,0	2,033	2,066	2,132	2,198

Данные табл. 2 свидетельствуют о больших колебаниях давления в шинах автомобиля при изменении температурного режима атмосферы. Эти данные будут характеризоваться еще большими значениями при анализе в районах с низкими температурами. Россия является северной страной. Кроме того, при закачке воздуха в шины образуется конденсат, который отрицательно влияет на их эксплуатацию. Учитывая, что с давлением в шинах связана безопасность движения, а также экономика эксплуатации транспортного средства, вопросам регулирования стабилизации давления в шинах необходимо уделять первостепенное значение. По данным Национального управления безопасности дорожного движения США из-за аварий, связанных с автомобильными шинами, в стране ежегодно гибнет до 660 человек и 33000 человек получают ранения.

Следующей исследуемой характеристикой, влияющей на внутреннее давление газа в шинах автомобиля, является влажность. Исследованиями метеорологов установлено, что в зависимости от широты местности и климатических условий содержание ее в воздухе составляет от 1 до 4 %. Парциальное давление водяного пара в воздухе входит в состав атмосферного давления. Влияние изменения атмосферного давления на изменение давления в шинах охарактеризовано выше. Кроме этого, влажность играет еще одну важную роль. Обладая большой скрытой величиной парообразования, она значительно нивелирует (сглаживает) влияние температуры, ее продолжительность на изменение давления в шинах АТС. В дождевую жаркую или холодную погоду шины «парят». При этом температура поверхности шины быстро стремится к температуре воздуха окружающей среды. Рассмотрим результаты экспериментальных исследований изменения климатических характеристик и эксплуатации АТС на давление в шинах автомобилей.

С 1 января 2011 года по 1 января 2012 года нами были собраны данные срочных наблюдений по постам России в следующих городах: Архангельск, Якутск, Хабаровск, Пермь, Москва, Астрахань, Краснодар, Ростов-на-Дону, Сочи. Это позволило углубленно определить реальную частоту значительных колебаний климатических характеристик, особенно в суточном разрезе. Эти данные более репрезентативны при выдаче рекомендаций о необходимости и целесообразности оперативного регулирования давления в шинах АТС в процессе их эксплуатации. Кроме того, в ходе исследований выяснилась необходимость дополнительно проработать вопросы о влиянии режима эксплуатации АТС на изменение давления в шинах автомобилей, так как полученные данные свидетельствовали о преобладании в ряде случаев степени влияния эксплуатационных факторов над климатическими.

По данным наблюдений за колебаниями температуры, давления, относительной влажности воздуха по вышеуказанным метеопостам, составлены таблицы 3–5, в которых в характеристиках отклонений суточных значений температуры и давления воздуха даны суммарные сведения по их количеству, включая и экстремальные значения. Максимальные значения суточных колебаний по данным наблюдения по вышеуказанным постам достигали:

- 1) По температуре воздуха:
  - Сочи - 13 °С (25 сентября);
  - Архангельск - 13 °С (17 мая);
  - Астрахань - 17 °С (1 марта и 28 июля);
  - Пермь - 15 °С (8 мая);
  - Краснодар - 14 °С (30 августа);
  - Ростов-на-Дону - 12 °С (26 апреля и 12 июля);
  - Москва - 14 °С (15 ноября);
  - Хабаровск - 13 °С (24 февраля);
  - Якутск - 21 °С (4 марта).
- 2) По давлению атмосферного воздуха:

Сочи – 12 мм (2 мая);  
 Архангельск – 19 мм (22 марта);  
 Пермь – 25 мм (10 апреля);  
 Краснодар – 16 мм (12 февраля);  
 Ростов – 17 мм (12 февраля);  
 Москва – 25 мм (10 апреля);  
 Хабаровск – 11 мм (8 мая);  
 Якутск – 17 мм (7 и 10 октября).

Данные экстремальные отклонения зафиксированы при прохождении теплых и холодных воздушных фронтов. Кроме вышеуказанных исследований, были выполнены работы по определению температуры полотна автомобильных дорог в различные времена года при различных погодных условиях, температуры шин при различной загрузке и в различные времена года.

Таблица 3

**Количество дней в году с колебанием температуры  
за сутки более 10 °С (период 01.01.2011 г.-31.12.2011 г.)**

Наименование города	Лето	Осень	Зима	Весна
Сочи	4	19	8	1
Архангельск	9	2	6	10
Астрахань	59	13	8	32
Пермь	13	2	4	14
Краснодар	22	26	2	6
Ростов-на-Дону	14	7	2	11
Москва	14	10	2	11
Хабаровск	8	9	14	12
Якутск	43	13	14	52

Таблица 4

**Количество дней в году с колебанием давления более 10 мм ртутного  
столба (период 01.01.2011 г.-31.12.2011 г.)**

Наименование города	Лето	Осень	Зима	Весна
Сочи	0	1	4	6
Архангельск	4	12	4	2
Астрахань	2	3	8	2
Пермь	0	4	0	9
Краснодар	0	1	6	0
Ростов-на-Дону	0	2	4	3
Москва	0	8	4	7
Хабаровск	1	1	4	2
Якутск	0	5	4	3

Таблица 5

**Количество дней в году с относительной влажностью воздуха более 80 %  
(период 01.01.2011 г.-31.12.2011 г.)**

Наименование города	Лето	Осень	Зима	Весна
Сочи	17	26	30	41
Архангельск	22	64	26	33
Астрахань	2	31	26	33
Пермь	21	60	42	19
Краснодар	13	38	42	39
Ростов-на-Дону	9	38	48	18
Москва	17	47	55	19
Хабаровск	58	40	18	27
Якутск	19	34	0	17

Таким образом, можно сделать вывод о том, что климатические факторы оказывают влияние на давление в автомобильных шинах в суточном режиме, но также необходимо учитывать и факторы влияния эксплуатационных характеристик, так как проводимые нами исследования показывают, что в ряде случаев преобладают степени влияния эксплуатационных факторов над климатическими.

Также в исследовании нами были определены пятна контактов шин колес автомобиля ВАЗ2112 при статической нагрузке с одним водителем и полной загрузкой при внутреннем давлении воздуха в шинах 1,5 атм., 1,8 атм. и 2,2 атм – передних (п) и задних(з), левых (л) и правых (п).

Результаты проведенного нами эксперимента изложены в табл. 6 и 7.

Таблица 6

**Данные наблюдений за температурой воздуха, автодорог и шин  
автомобиля ВАЗ 2112 на трассе Сочи-Адлер при различной загрузке  
(передний привод) Пробег – 15 км. Скорость 60-80 км/ч.**

Дата и время	Температура воздуха, °С	Температура асфальтового покрытия, °С	Загрузка (чел.)	Относительная влажность воздуха, %	Температура колес после пробега 15 км, °С				
					ПП	ПЛ	ЗЛ	ЗП	
09.11.10	11:20	21	тень – 21 откр. воздух – 24,2	5	68	35,5	34,7	32,1	31,1
	12:00	21,3	тень – 21 откр. воздух - 27	1	68	32,1	31,8	30,2	30,4
01.02.11	11:40	3	1,7	5	81	18,3	18,2	16,4	16,1
	12:30	4,3	2	1	81	12,3	12,6	11,8	11,7
17.04.11	11:00	12,1	12,9	5	76	39,1	38,7	35,9	34,8
	12:30	13,5	18,2	1	76	37,6	37,2	33,4	33,2
30.06.11	10:00	16,1 дождь	15,7	5	88	42,6	42,1	40,4	40,1
	14:20	19,2	18	1	88	39,3	38,7	36,2	36,0

5.08.11	11:50	26,8	42,3	5	54	56,7	56,5	50,3	49,8
	14:30	29,2	53,7	1	54	55,2	55,0	49,2	49,0
28.10.11	9:30	8,3	8,4	5	48	40,7	40,5	37,3	36,9
	10:40	12,1	20,3	1	48	39,3	38,4	35,2	34,9

Таблица 7

**Данные наблюдений за температурой полотна  
автомобильной дороги по сезонам**

Дата	Время, час-мин	Место определения (погода)	Температура воздуха, °С	Относительна я влажность воздуха, %	Температура полотна в центре двухскатного профиля, °С
01.02.2011	11-40	Трасса Сочи-Адлер, перед мостом через р. Мзымта, (пасмурно, сыро)	3	81	1,7
	13-00		4,3		2,0
	15-00		5		2,6
17.04.2011	10-20	Трасса Сочи-Адлер перед мостом через р. Мацеста (переменная облачность)	11,2	76	12,7
	12-10		13,1		18,1
	14-00		14,2		29,3
30.06.2011	9-25	Трасса Сочи- Адлер перед мостом через р. Мацеста (периодический дождь)	15,1	88	13,8
	12-00		17,2		16,0
	14-10		19,1		18,0
05.08.2011	8-20	Трасса Сочи- Адлер перед мостом через р. Мацеста (сухо, ясно)	22,1	54	36,1
	11-40		26,6		42,3
	14-20		28,9		53,6
28.10.2011	9-20	Трасса Сочи- Адлер перед мостом через р. Мацеста (сухо, ясно)	8,1	48	8,0
	11-30		13,8		26,2
	13-40		16,1		42,1

Таким образом, данные эксперимента убедительно показывают, что из-за изменения климатических показателей частота значительных колебаний давления газа в шинах легковых автомобилей примерно соответствует экстремальным периодам изменения климатических условий. В условиях же эксплуатации автомобиля такие значения

соответствуют частоте выезда АТС на линию. В этих условиях необходимо выполнение работ по регулированию давления газа в шинах.

#### Примечания

1. Алисов Б.П., Берлин И.А., Михель В.М. Курс климатологии. Часть 3. Климаты земного шара / Учеб. пособие для университетов и гидрометеорологических институтов, Ленинград, Гидрометеорологическое изд-во, 1954. 321 с.
2. Колбасов А.Ф. Регулирование давления в автошинах как залог безопасности дорожного движения // European Journal Of Natural History. 2011. №4. С. 24.
3. Колбасов А.Ф. Некоторые актуальные вопросы работы автомобильной шины // Фундаментальные исследования. 2011. № 8 (часть 1). С. 128-130.
4. Технический словарь. Том 3. [www.ai08.org/](http://www.ai08.org/). дата последнего посещения: 08.01.2012
5. [www.4tochki.ru/page\\_expulstation\\_rules.html](http://www.4tochki.ru/page_expulstation_rules.html) дата последнего посещения 08.01.2012

## Gas Pressure in Automobile Tyres and Climatic Factors

Alexey F. Kolbasov

Moscow State Technical University «MAMI», Russia  
29 Tonnelnaya Str., Sochi 354000, Krasnodar Region  
Assistant  
E-mail: [audit@iai-audit.ru](mailto:audit@iai-audit.ru)

**Abstract.** Despite the fact that the dynamics of major climatic characteristics significantly change throughout the year, it is limited within 24-hours and in major cases is 10 mm of mercury and 3-12 °C of air temperature across world's hydrometeorological stations. The article studies pressure change in tyre 175/70R13 of VAZ motor car at the temperature change, including different load.

**Keywords:** partial pressure, air humidity, tyre pressure, tyre temperature, air injection, nitrogen injection.

UDC 629.11