

С. Б. В е р е щ а г и н

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО  
РЕЖИМА И ВЛАЖНОСТИ  
В КАБИНЕ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА  
В УСЛОВИЯХ ЖАРЫ**

*Приведены результаты климатических испытаний, показывающие в каких тяжелых реальных условиях высоких температур приходится работать водителям в летнее время. Выполнена оценка влияния высоких температур и влажности на физиологическое состояние человека за рулем.*

**E-mail: sbver@yandex.ru**

**Ключевые слова:** климат, температура, влажность, измерения, вентиляция, кабина, салон.

Целью приведенных в настоящей статье исследований является изучение реальных температурно-влажностных характеристик кабины (салона) транспортного средства в условиях жары. Толчком к проведению таких исследований стали расхождения в значениях температур и влажности, встречающиеся в публикациях, а также расхождения в значениях параметров и зонах их измерения. Кроме того, зарубежные производители климатических систем для автомобилей часто скрывают истинные параметры климата в кабине (салоне).

Климат европейской части России характеризуется высокими перепадами температур летнего и зимнего периодов, что не только разрушительно сказывается на состоянии техники и дорог, но и усложняет работу водителей.

Особенно сильно на работу водителя влияют экстремальные низкие и высокие температуры. Если при низких температурах современные кабинные отопители обеспечивают достаточно комфортные климатические условия для водителя, то при высоких температурах подобная эффективность достигается не всегда, поскольку не во всех транспортных средствах используются необходимые климатические установки, а конструктивное исполнение кабин во многом не отвечает условиям эффективного теплоотвода из зоны расположения водителя и пассажиров.

Исследования аварийности, проведенные в 1990-е гг. в Краснодарском крае [1], показали, что ее рост в летнее время связан с высокими температурами (выше +27 °С), которые традиционны в это время года.

В результате исследований выявили, что для водителя температура в кабине (салоне) +27 °С является критической — при превышении этого значения сильно усложняется его психическая деятельность. Причем чем сложнее задачи приходится решать водителю, тем больше ошибок он допускает (рис. 1). Это можно объяснить тем, что при

перегреве организма его биохимические реакции замедляются. При угрозе перегрева организм в защитных целях резко снижает основной обмен, что приводит к уменьшению энергозатрат на обслуживание самого себя и, как следствие, снижению выделения теплоты. При этом понижаются обменные процессы на биохимическом уровне, что приводит к снижению способности быстро и точно оценивать дорожную обстановку, увеличению времени реакции, притуплению внимания и увеличению числа ошибок.

Летом 2007–2009 гг. в Москве и Московской области, а также в Краснодарском крае и на юге Ростовской области проводились исследования климатических условий работы водителя автомобиля [2], а также испытания по исследованию влияния на климатические условия работы водителя различных режимов функционирования вентиляции. При этом были выявлены закономерности перераспределения температуры и влажности внутри салона.

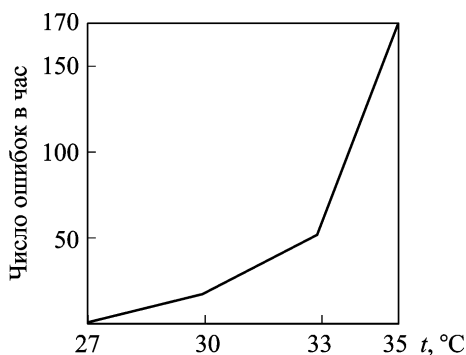
Краснодарский край и Ростовская область выбраны для проведения экспериментов по следующим причинам:

- в летнее время в этих областях из-за сильной жары увеличивается число тяжких дорожно-транспортных происшествий (ДТП);
- некоторые результаты проводимых в этих местностях исследований требуют уточнения;
- в летнее время в Краснодарском крае и Ростовской области, по сравнению с средней полосой, климат наиболее стабильный, что позволяет ежедневно повторять эксперименты в одних и тех же условиях температуры и влажности.

Для исследования характеристик нарастания температур в салоне и роли системы вентиляции в этих процессах были проведены испытания в дорожных условиях Москвы и Московской области.

Результаты этих исследований оказались более пессимистическими по сравнению с результатами, полученными ранее.

Для проведения экспериментов использовали наиболее популярный и распространенный в России автомобиль ВАЗ-2106 светлого цвета и аппаратуру для определения температуры и влажности в обитаемых и необитаемых отсеках автомобиля на всех режимах движения (табл. 1).



**Влияние роста температуры, воздействующей на водителя, на число ошибок, допускаемых им при управлении автомобилем (по данным В.А. Варламова )**

**Приборы для измерения температуры и влажности**

| Прибор (страна-изготовитель)   | Функции   | Погрешность измерений                                    |
|--|---|--|
| Электронный термометр Wendor 3360 (Швеция)                                     | Измерение температуры внутренним и выносным датчиками | Температура $\pm 1^\circ\text{C}$                        |
| Электронный прибор измерения температуры и влажности Inovalley SM 17 (Франция) | Измерение температуры и влажности                     | Температура $\pm 1^\circ\text{C}$<br>Влажность $\pm 2\%$ |
| Спиртовой термометр (Россия)   | Измерение температуры                                 | Температура $\pm 1^\circ\text{C}$                        |

Наряду с высокоточными электронными термометрами и измерителями влажности использовали обычные спиртовые термометры. Это связано с тем, что для большей достоверности необходимо дублирование измерений электронными и спиртовыми термометрами в целях выявления влияния различных условий на характеристики приборов.

Для измерения температуры использовали следующие приборы: электронный термометр Wendor 3360 (Швеция), электронный прибор измерения температуры и влажности Inovalley SM 17 (Франция); спиртовые термометры (Россия) (см. табл. 1).

Исследования проводили при следующих условиях: температура воздуха в тени  $+32\dots+34^\circ\text{C}$ , машина светлого цвета модели ВАЗ-2106 двигалась по направлению на юг (отклонение от направления  $+15^\circ\dots 20^\circ$ ), скорость движения  $80\dots 90$  км/ч, время измерения температур с 12:00 до 14:00. Доказано, что в период с 12:00 до 14:00 солнечная радиация и, следовательно, измеряемые температуры наиболее стабильны. Температуры многократно измерялись в следующих зонах: голова водителя, грудь, живот–бедро, ступни–голень, а также в зоне багажного отсека.

Исследования выполнялись следующим образом. Учитывая, что сиденья водителя и пассажира, сидящего рядом с ним, располагаются симметрично и климатические условия для водителя и пассажира одинаковые, датчики температуры были установлены на пассажирское место в зоне расположения головы, груди, живота–бедер и ступней–голеней. Измерения проводились в каждой зоне трехкратно с повторением через 5 мин.

Средние значения измеренных температур приведены в табл. 2, из которой следует, что значение температуры в салоне автомобиля явно превышает норму, при которой возможна реально безопасная работа водителя (см. рисунок).

**Значение температуры, воздействующей на водителя и багаж при движении автомобиля**

| Зона измерения температуры   | Температура, °С |                  | Воздействие солнечного света |
|------------------------------|-----------------|------------------|------------------------------|
|                              | измеренная      | внешняя (в тени) |                              |
| Голова водителя              | +43             | +32              | В тени                       |
| Грудь водителя               | +40             | +32              | В тени                       |
| Живот водителя               | +62             | +32              | На солнце                    |
| Бедра водителя               | +62             | +32              | На солнце                    |
| Стопы водителя               | +30             | +32              | В тени                       |
| Багажный отсек (на дне)      | +30             | +32              | В тени                       |
| Багажный отсек (под крышкой) | +32             | +32              | В тени                       |

Если сравнивать температуры, измеренные в зоне головы и груди водителя, можно сделать вывод, что превышение на 3 °С температуры в зоне головы связано с тепловым излучением со стороны обивки крыши. Температура самой панели крыши при этом может достигать +50... +52 °С.

Температура в зоне живот–бедра водителя достигает +62 °С вследствие прямого воздействия солнечной радиации через ветровое стекло автомобиля.

Температура +30 °С в зоне стоп водителя свидетельствует о том, что наиболее холодный воздух скапливается над полом салона, к тому же имеет место температурная инерция (температура панелей и деталей корпуса в ночное и утреннее время составляет +18... +20 °С, и они еще недостаточно нагрелись). К тому же набегающий поток воздуха взаимодействует с наружными панелями пола салона и, охлаждая их, замедляет повышение температуры в результате воздействия солнечной радиации на салон.

Процентное соотношение теплоты, поступающей в кабину (салон) и воздействующей на водителя, приблизительно выглядит следующим образом: 40 % теплоты поступает от нагретой крыши, передней и боковых панелей кабины; 60 % — через ветровое стекло (в меньшей степени через боковые стекла). Как раз тепловая энергия, поступающая через ветровое стекло, и привела к чрезмерному нагреву до +62 °С в зоне живот–бедра.

Существуют четыре степени перегрева организма человека в результате воздействия температуры внешней среды в течение 1 ч: до +40 °С — 1-я степень; до +50 °С — 2-я степень; до +60 °С — 3-я степень; свыше +60 °С — 4-я степень.

В рассматриваемом случае перегрев водителя может относиться ко всем четырем степеням.

Таблица 3

**Влияние солнечной радиации на температуру в салоне в условиях холодной осенней погоды**

| Зона измерения температуры          | Наружная (в тени) | В салоне                 |  |                         |
|-------------------------------------|-------------------|--------------------------|--|-------------------------|
|                                     |                   | на уровне груди водителя | на уровне живота водителя (под действием солнца) | на уровне стоп водителя |
| Значение измененной температуры, °С | + 12              | + 24                     | + 35   | + 17                    |

Исследования показали, что в холодную осеннюю погоду солнечная радиация также способна повысить температуру в кабине (салоне) (табл. 3), и если водитель использует теплую осеннюю одежду, то это может привести к его перегреву. При выходе водителя из кабины (салона) в естественную окружающую среду с температурой +12 °С может произойти переохлаждение с последующим простудным заболеванием.

Исследования проводились по такой же методике, которая описывалась ранее. Температуру измеряли в трех зонах: грудь водителя, живот и стопы. При исследовании влажности в кабине (салоне) автомобиля, воздействующей на водителя, определяли ее значения: на расстоянии не менее 30 м от дороги; на высоте 1 м над поверхностью дороги; на поверхности одежды водителя на уровне груди; на расстояниях 2 и 4 см от поверхности одежды на уровне груди; в салоне автомобиля на расстоянии 50 см от водителя, а также измеряли наружную температуру (в тени) и внутри салона на уровне груди водителя.

Режимы движения, при которых проводились измерения, следующие: машина располагалась неподвижно на обочине; машина двигалась по шоссе со скоростями 40 и 80 км/ч.

При исследовании влажности также использовали электронный прибор Inovalley SM 17 (Франция) и электронный термометр Wendorf 3360 (Швеция).

Исследования проводились следующим образом. Влажность внешней среды определяли на расстоянии не менее 30 м от дороги. При этом прибор располагался на расстоянии 1 м от поверхности грунта. Измерения проводились трехкратно, при каждом измерении прибор смещался на 4...5 м вдоль дороги.

Влажность над поверхностью дороги измеряли, устанавливая прибор на высоте 1 м над поверхностью дороги на расстоянии от края

проезжей части 1...1,5 м. Измерения проводились троекратно с переключением в каждом случае прибора на 7...10 м вдоль дороги.

Влажность на поверхности одежды водителя измеряли путем установки датчика прибора непосредственно на поверхность одежды водителя на уровне груди. Измерения проводились троекратно с временными интервалами 5...7 мин при движении со скоростями 40 и 80 км/ч и при стоянке на обочине.

Влажность на расстоянии 2 см от поверхности одежды измеряли прибором, установленным на уровне груди водителя. Измерения проводились троекратно с временными интервалами 5...7 мин и при тех же режимах движения.

Влажность на расстоянии 4 см от поверхности одежды на уровне груди измерялась так же, как и на расстоянии 2 см, т.е. троекратно при тех же временных интервалах и при тех же режимах движения.

При измерении влажности в салоне в 50 см от водителя прибор располагался справа от водителя на уровне груди. Измерения проводились троекратно с временными интервалами 5...7 мин при тех же режимах движения.

Температуру внутри салона измеряли на расстоянии 50 см справа от водителя на уровне груди. Измерения проводились также троекратно с временными интервалами 5...7 мин при тех же режимах движения.

Наружную температуру (в тени) измеряли троекратно на расстоянии не менее 30 м от дороги на высоте от поверхности грунта 1 м.

В результате испытаний выявили (табл. 4):

— влажность над поверхностью дороги на высоте 1 м (высота забора воздуха для вентиляции салона автомобиля) на 10 % меньше, чем в 30 м от дороги;

— влажность в салоне на расстоянии 0,5 м от водителя меньше на 5 %, чем над поверхностью дороги, и на 15 % меньше, чем в 30 м от дороги. Информация, высказанная в других литературных источниках о том, что в результате жизнедеятельности водителя в салоне повышается влажность, пагубно сказывающаяся на его самочувствии, не подтвердилась;

— при полном закрытии приточной вентиляции и окон влажность в зоне 4 см от водителя повышается на 10...15 %.

— во время стоянки уровень влажности в салоне совпадает с уровнем влажности на расстоянии 30 м от дороги (35 %). При этом температура внутри салона была на 10 °С выше, чем температура наружного воздуха.

— наибольшая влажность наблюдается на поверхности одежды водителя; на расстоянии 4 см от поверхности одежды водителя влажность практически такая же, как на расстоянии 0,5 м от водителя.

**Значение влажности и температуры, воздействующих на водителя при различных режимах движения автомобиля**

| Измеряемые параметры                                      | Режим движения          |                   |                   |
|---|-------------------------|-------------------|-------------------|
|   | машина стоит на обочине | скорость 40 км/ч* | скорость 80 км/ч* |
| Наружная температура (в тени), °С                         | + 32                    | + 32              | + 32              |
| Температура внутри салона на уровне груди водителя, °С    | + 43                    | + 41              | + 41              |
| Влажность на уровне груди, на поверхности одежды, %       | 63                      | 58... 65          | 60... 61          |
| Влажность на уровне груди в 2 см от поверхности одежды, % | 38                      | 28... 32          | 30... 31          |
| Влажность на уровне груди в 4 см от поверхности одежды, % | 36                      | 20... 21**        | 20... 21**        |
| Влажность в салоне в 50 см от водителя, %                 | 35***                   | 20                | 20                |
| Влажность над поверхностью шоссе на высоте 1 м, %         | 25                      | 25                | 25                |
| Влажность в степи на расстоянии 30 м от шоссе, %          | 35                      | 35                | 35                |

\* Измерения проведены в условиях максимального режима работы приточной и вытяжной вентиляции, окно водителя было приоткрыто на 40... 50 мм.

\*\* При полностью закрытых приточной вентиляции и водительского окна уровень влажности повысился до 30... 35 %.

\*\*\* Влажность в салоне без водителя достигает 35 %.

После обработки полученных значений температуры и влажности были определены относительные погрешности: при измерении температуры — 1,5 %, влажности — 2 %.

Исследования показали что, для борьбы с высокими температурами в кабине (салоне) автомобиля наиболее правильным и экономически оправданным является путь дальнейшего конструктивного совершенствования обитаемых отсеков для водителей и пассажиров. Необходимо наиболее рационально компоновать кабины в целях уменьшения проникания в обитаемые отсеки прямого солнечного излучения, использовать для окраски и покрытия кабины материалы, отражающие световой поток от ее поверхности. Следует использовать более совершенные системы рассредоточенной вентиляции. Например, при изменении режима работы штатной вентиляции легкового автомобиля с приточного на принудительный можно понизить температуру в салоне на 1,5... 3 °С.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В а р л а м о в В. А. Что надо знать водителю о себе. – М.: Транспорт, 1990. – 192 с.
2. В е р е щ а г и н С. Б. Исследование климатических условий работы водителя. – М.: МАДИ (ГТУ), 2009.

Статья поступила в редакцию 9.03.2010

Сергей Борисович Верещагин родился в 1964 г., окончил в 1986 г. Московский автомеханический институт. Канд. техн. наук, доцент Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). Автор более 20 научных работ и изобретений в области систем управления и управляемости колесных и гусеничных машин, эргономики органов управления, кабин и обитаемых отсеков.

S.B. Vereshchagin (b. 1964) graduated from the Moscow Automechanical Institute in 1986. Ph. D. (Eng.), assoc. professor of the Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI). Author of more than 20 publications and inventions in the field of control systems and controllability of wheeled and caterpillar vehicles, ergonomics of controls, cabins and inhabited compartments.