

НАТУРНЫЕ ХОДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ НА ВОДИТЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

С.Б. Верещагин

ORCID: 0000-0003-4588-8368 e-mail: sbver@yandex.ru

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет
Москва, Россия

Представлены результаты климатических исследований, демонстрирующих тяжелые условия работы водителя в условиях летних температур. Показано влияние высокой температуры на физиологическое состояние человека, управляющего машиной (увеличение утомляемости, снижение внимания, рост числа ошибок). При этом не всегда климат в кабине можно обеспечить с помощью кондиционера, в силу технической невозможности или экологической небезопасности. Многие проведенные ранее аналогичные исследования были некорректны и не выявили реально опасные факторы. Для выявления воздействия на водителя реальных температурных факторов были проведены ходовые испытания в условиях Московского региона, а также в южных областях России. Для исследований был выбран автомобиль ВАЗ, поскольку он прост и доступен в эксплуатации, а система вентиляции удобна для проведения экспериментов. При этом объем обитаемого отсека (салона) автомобиля соответствует объему современных и перспективных кабин специальных колесных и гусеничных машин, что позволяет полученные результаты температурных исследований считать достоверными. Температурные замеры проводились в зоне головы, груди, живота, бедер и стоп водителя; в большинстве своем они явно превышали допустимые нормы. Перегрев в условиях осенней погоды под действием прямой солнечной радиации также может отрицательно сказаться на состоянии водителя. Исследования параметров влажности, воздействующей на водителя в кабине при движении в условиях высоких температур, отличаются от данных, приведенных ранее другими исследователями. Проведены испытания по определению эффективности работы вентиляции на различных режимах движения машины.

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

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Верещагин, С.Б. Натурные ходовые испытания для изучения климатических факторов, воздействующих на водителя в условиях высоких температур // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. 2021. №2. С. 68-73. DOI: 10.46960/1816-210X_2021_2_68

FULL-SCALE RUNNING TRIALS FOR STUDY OF CLIMATIC FACTORS AFFECTING A DRIVER AT HIGH TEMPERATURES

S.B. Vereshchagin

ORCID: 0000-0003-4588-8368 e-mail: sbver@yandex.ru

Moscow Automobile and Road Transport State Technical University
Moscow, Russia

Abstract. Results of climatic studies that demonstrate the hard working conditions of a driver at summer temperatures, are presented. Influence of high temperature on the physiological state of a man driving a vehicle (increased fatigue, decreased attention, increased number of errors) is demonstrated. At that, it is not always possible to provide the climate in the cabin using an air conditioner, due to technical impossibility or environmental insecurity. Many similar studies conducted earlier were incorrect, and they did not reveal really dangerous factors. To identify the impact of real temperature factors on a driver, running trials were conducted in conditions of the Moscow region, as well as in southern regions of Russia. For the research a VAZ car was chosen, because it is simple and easy to operate, and the ventilation system is convenient for conducting experiments. At that, the volume of the habitable (passenger) compartment of the car corresponds to volumes of modern and advanced cabins of special wheeled and tracked vehicles, which allows us to consider reliable the obtained results of temperature studies. Temperature measurements were carried out in the area of the driver's head, chest, abdomen, thighs and feet; for the most part, they clearly exceeded the permissible norms. Overheating in autumn weather conditions under influence of direct solar radiation can also negatively affect a

driver's condition. Studies of humidity parameters affecting a driver in the cabin when moving at high temperatures differ from the data given earlier by other researchers. Tests were carried out to determine the efficiency of ventilation in various modes of vehicle in motion.

Key words: climate, temperature, humidity, dimensions, ventilation, cabin, salon.

FOR CITATION: Vereshchagin S. B. Full-scale running trials for study of climatic factors affecting a driver at high temperatures. Transactions of NNSTU n.a. R.E. Alekseev. 2021. № 2. P. 68-73. DOI: 10.46960/1816-210X_2021_2_68

Целью настоящей статьи является определение реальных условий работы водителя в условиях жары и установление закономерностей, влияющих на состояние водителя при различных режимах нагрева обитаемых отсеков, работы вентиляции и уровней влажности. Следует отметить, что не всегда с помощью установки кондиционера можно решить вопросы климата в обитаемых отсеках машины, в ряде случаев эта установка просто технически невозможна. Иногда даже ее работа не может обеспечить комфортное и безопасное нахождение водителя и пассажиров в кабинах и салонах автомобилей. Кроме этого, само применение систем кондиционирования не всегда бывает безопасным для водителя и пассажиров. Может иметь место и переохлаждение людей, находящихся внутри обитаемого отсека, а также опасный для здоровья перепад температур на теле за счет прямого солнечного воздействия и охлаждения воздухом кондиционера. Также при применении кондиционеров может иметь место биологическая опасность за счет присутствия в испарителях вредных бактерий (различных разновидностей «легионеллы»). Соответственно, необходимо выявление закономерностей нарастания и перераспределения температур внутри обитаемых отсеков.

Климату многих регионов России в любой сезон свойственны резкие перепады температуры и влажности. Меняющиеся климатические условия усложняют эксплуатацию техники и затрудняют работу водителей. За последние 70 лет всем производителям колесной и гусеничной техники удалось наладить производство надежных отопителей кабин, которые позволяют обеспечить необходимый микроклимат во внутрикабинном пространстве даже при самых низких температурах окружающей среды. Обеспечить микроклимат при высоких температурах оказалось более сложной задачей. Это связано с тем, что, с одной стороны, конструкции кабин не позволяют защитить внутрикабинное пространство от проникновения прямой солнечной радиации и отвода тепла из обитаемой зоны водителя и пассажиров, а с другой стороны, не всегда применяются эффективные и надежные кондиционерные установки, способные эффективно работать при высоких вибрационных и ударных нагрузках, будучи при этом быть компактными.

Исследования, проведенные в Волгоградской и Ростовской областях по определению причин аварийности, показали [1], что причиной роста аварийности в условиях летней жары являются высокие температуры (выше +26...+30 °С), пагубно действующие на состояние водителей. Многие исследования, направленные на изучение климатических условий в кабинах и обитаемых отсеках автомобилей в условиях жары, опубликованные с 1970-х гг. по настоящее время, были проведены некорректно и не выявили реально опасные факторы температурного воздействия.

Для выявления закономерностей влияния высоких температур на водителя в Москве и Московской области, а также в Волгоградской и Ростовской областях, проводились исследования микроклимата в салоне машины в условиях ее движения. Были получены характеристики влажности, воздействующей на водителя при изменении скорости движения, а также режима работы системы вентиляции. Во время испытаний был применен новый подход, позволяющий получить истинные значения температуры и влажности, отличные от проводимых ранее другими авторами и коллективами. В ходе исследований были опробованы новые методики испытаний, позволившие получить реальные температурно-влажностные характеристики и исследовать работу системы вентиляции салона автомобиля на различных режимах. Южные регионы России были выбраны потому, что в условиях летней жары там

значительно увеличивалось число аварий. К тому же эти регионы удобны для проведения высокотемпературных климатических исследований, поскольку в них 220-260 дней в году бывает ясная безоблачная погода. Такие погодные условия позволяют проводить климатические исследования при стабильных параметрах температуры и влажности от нескольких дней до недели. Ранее в этих областях уже проводились климатические испытания, и полученные при них параметры нуждались в проверке. Также были проведены испытания в условиях Московского региона в весенний и осенний периоды с целью выявления воздействия на водителя повышенных температур в салоне автомобиля.

Климатические испытания по изучению температурных параметров в салоне автомобиля в условиях движения

При проведении исследований использовался легковой автомобиль светлого окраса. Он был выбран по причине простоты использования во время испытаний, удобства манипуляций с системой вентиляции во время экспериментов. Объем обитаемого салона автомобиля соответствует объему современных и перспективных кабин специальных колесных и гусеничных машин. Также применялась сертифицированная измерительная аппаратура для определения температуры и влажности.

Условия испытаний [2]: температура воздуха +31...+33 °С, машина светлого цвета двигалась по направлению на юг (отклонение от направления $\pm 10^\circ \dots 15^\circ$), скорость движения 70...80 км/ч., время измерений с 11.00 до 15.00. Температуры измерялись в зонах: голова водителя, грудь, живот, ноги. В исследованиях, проведенных ранее, температуры, в соответствии с нормативными документами, измерялись только в области голова – грудь. Такие исследования не могли быть достоверными, так как не учитывалось воздействие прямой солнечной радиации на водителя. Многие производители автомобильных кондиционерных установок умышленно скрывают пагубное влияние прямой солнечной радиации на водителей и пассажиров. Также скрываются медицинские данные о том, что перепад температур на поверхности тела человека за счет прямой солнечной радиации и низкотемпературного воздействия кондиционера может вызывать простудные и обострять хронические заболевания.

Таблица 1.

Исследование температуры, воздействующей на водителя и пассажиров при движении транспортного средства

Table 1.

The study of temperatures affecting a driver and passengers when the vehicle is moving

Зоны измерения температур на рабочем месте водителя	Величины измеренных температур	Внешняя температура (в тени)	Воздействие солнечного света (под воздействием солнца /в тени)
Голова	+42 °С	+31 °С	в тени
Грудь	+39 °С	+31 °С	в тени
Живот	+61 °С	+31 °С	под воздействием солнца
Бедра	+61 °С	+31 °С	под воздействием солнца
Стопы	+31 °С	+31 °С	в тени

По данным табл. 1 можно сделать вывод, что замеренные температуры в зоне расположения водителя превышают допустимые нормы его комфортной и безопасной работы [3-7]. Перепады температур в различных зонах на месте водителя связаны с тепловым излучением от крышной панели, температура которой может превышать +52...+54 °С и действием прямой солнечной радиации, воздействующей на зону живота и бедер. Самый холодный воздух скапливается в районе пола салона, поэтому замеренная там температура может не превышать +31 °С. К тому же панели и детали нижней части корпуса машины в ночное время

могут охлаждаться до +16...+18 °С и во время утренних измерений еще не успевают нагреться. К тому же набегающие струи воздуха охлаждают нижнюю часть салона. При оценке тепловых потоков, поступающих в обитаемые отсеки машины, можно сделать вывод, что 70 % тепла, вызывающего повышение температуры в салоне или кабине, поступает через остекление и лишь 30 % – от нагреваемых крышной и боковых панелей.

Опасное тепловое воздействие на человека подразделяют на четыре степени [2]:

- 1-я степень, температура до +40 °С;
- 2-я степень, температура до +50 °С;
- 3-я степень, температура до +60 °С;
- 4-я степень, температура свыше +60 °С.

Исследования роста количества ошибок, совершаемых оператором при росте температуры, показали, что ее повышение с +27 °С до +35 °С может вызывать рост допускаемых ошибок в 10...20 раз. По степени переносимости жары водители, как и все люди, могут подразделяться на три категории: легко, средне и плохо переносящие. Вся приводимая статистика по влиянию повышения температуры на рост количества допускаемых ошибок относится к средней категории. У людей, плохо переносящих жару, статистика роста ошибок с повышением температуры окружающей среды может быть еще более пагубной. Приведенные климатические испытания в Московском регионе в условиях осенней погоды показали, что под воздействием солнечной радиации температура в кабине и салоне транспортного средства способна повысится до опасной величины (табл. 2). При условии ношения водителем сезонной теплой одежды может произойти его перегрев, и при выходе из обитаемого отсека в естественную наружную температуру + 9...+ 13 °С возможно охлаждение организма с последующим возникновением простудного или обострением хронического заболевания.

Таблица 2.

Температура, воздействующая на водителя в салоне автомобиля в условиях осенней солнечной погоды

Table 2.

Temperatures affecting a driver in vehicle interior in conditions of autumn sunny weather

Место замера температуры	На уровне груди водителя	На уровне живота водителя (воздействует солнечная радиация)	На уровне ног водителя	Температура окружающей среды
Величина температуры	+ 23 °С	+ 34 °С	+ 15 °С	+ 11 °С

Испытания по определению уровня влажности в обитаемом отсеке транспортного средства в процессе движения

При испытаниях по определению уровней влажности, влияющих на функционирование водителя, определялись такие величины, как уровень влажности на расстоянии 20 м от шоссе, уровень влажности над поверхностью шоссе, уровень влажности на поверхности одежды на уровне груди, уровни влажности на уровне груди в 3, 5 и 50-60 см от водителя, температура в салоне на уровне груди водителя. Измерения проводились при следующих режимах движения машины: стоянка на обочине, движение по дороге с малой скоростью (скорость 50 км/ч), движение по дороге с большой скоростью (90 км/ч.) По результатам испытаний (табл. 3) можно сделать вывод, что имеющееся мнение о том, что наличие водителя и пассажиров в обитаемом отсеке приводит к повышению влажности в нем, не соответствует действительности. Уровень влажности в салоне может соответствовать наружной влажности (в тени) или при исправно работающей вентиляции быть даже ниже этого уровня.

Таблица 3.

**Уровни влажности, воздействующей на водителя
при различных условиях движения транспортного средства**

Table 3.

Levels of humidity affecting a driver under various conditions of the vehicle in motion

Скорость движения автомобиля	Стоянка на обочине	Скорость 50 км/ч	Скорость 90 км/ч
Наружная температура (тень)	+31 °С	+31 °С	+31 °С
Температура в салоне на уровне груди водителя	+42 °С	+40 °С	+40 °С
Влажность на поверхности одежды	62 %	57...64 %	58...62 %
Влажность в 3 см от поверхности одежды	37 %	27...33 %	28...32 %
Влажность в 5 см от поверхности одежды	35 %	19...22 %	19...22 %
Влажность в салоне в 50-60 см от водителя	34 %	19 %	19 %
Влажность над поверхностью шоссе	24 %	24 %	24 %
Влажность на расстоянии 20 м от шоссе	34 %	34 %	34 %

**Исследование влияния на водителя
режимов работы приточной и вытяжной вентиляций**

В ходе испытаний проводились исследования влияния на водителя режимов работы приточной и вытяжной вентиляций. Машина двигалась по шоссе со скоростью 85...95 км/ч. Состояние водителя оценивалось на основе его личных субъективных ощущений. Выявлено (табл. 4), что наиболее плохо себя чувствует водитель, если отключена вытяжка салона (оценка неудовлетворительно). Отключение притока воздуха оказывает немного меньшее влияние (оценка удовлетворительно).

Таблица 4.

**Исследование влияния режимов работы вентиляции в обитаемом отсеке автомобиля
на внутренний микроклимат и ощущения комфорта водителем**

Table 4.

**Study of influence of ventilation operation modes in habitable compartments
of the vehicle on interior microclimate and on the driver's sense of comfort**

Режимы работы вентиляции	Температура в салоне на уровне головы водителя	Наружная температура воздуха (в тени)	Субъективная оценка водителем комфорта
Приток воздуха в салон и вытяжка открыты полностью, окно водителя приоткрыто на 30-40 мм	30,9 °С	23 °С	Отлично
Приток воздуха в салон и вытяжка открыты полностью, окно водителя закрыто	31,5 °С	23 °С	Хорошо
Приток воздуха закрыт, окно и вытяжная вентиляция открыты	31,9 °С	23 °С	Удовлетворительно
Приток воздуха и окно закрыты, вытяжка открыта	32,5 °С	23 °С	Удовлетворительно
Вытяжка и окно закрыты, приток воздуха открыт	32,5 °С	23 °С	Неудовлетворительно

Выводы

1. Температура, замеренная в салоне автомобиля, превышает нормы, при которых возможно безопасное функционирование водителя; наиболее характерно это для зон замера температур, ранее не исследованных.

2. Картина распределения влажности внутри салона отличается от более ранних исследований влажности и имеет распределение, более благоприятное для водителя.

3. При движении автомобиля вытяжная вентиляция оказывает на водителя большее влияние, чем приточная.

Библиографический список

1. **Варламов, В.А.** Что надо знать водителю о себе / В.А. Варламов. – М.: Транспорт, 1990. – 192 с.
2. **Верещагин, С.Б.** Исследование температурного режима и влажности в кабине транспортного средства в условиях жары // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Машиностроение». 2011. №3. С. 56-63.
3. **Верещагин, С.Б.** Обеспечение климатических условий в кабинах и обитаемых отсеках специальных колесных и гусеничных машин: монография / С.Б. Верещагин. – М.: МАДИ, 2014. – 99 с.
4. **Михайлов, М.В.** Микроклимат в кабинах мобильных машин / М.В. Михайлов, С.В. Гусева. – М.: Машиностроение, 1977. – 230 с.
5. **Вайсман, А.И.** Гигиена труда водителей автомобилей / А.И. Вайсман. – М.: Медицина, 1988. – 187 с.
6. **Багиров, Б.Г.** Человек и жаркий климат (Физиология и гигиена труда) / Б.Г. Багиров. – Ашхабад: БИЛЫМ. 1977. – 64 с.
7. **Кощев, В.С.** Физиология и гигиена индивидуальной защиты человека в условиях высоких температур / В.С. Кощев, Е.А. Кузнец. – М.: Медицина, 1986. – 255 с.
8. **Малышева, А.Е.** Гигиенические вопросы радиационного теплообмена человека с окружающей средой / А.Е. Малышева. – М.: Медицина, 1963. – 243 с.
9. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. – 75 с.
10. ГОСТ Р 50993-96. Автотранспортные средства. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования. Требования к эффективности и безопасности. 1996.

*Дата поступления
в редакцию: 09.03.2021*