

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ В КАБИНАХ И ОБИТАЕМЫХ ОТСЕКАХ КОЛЕСНЫХ И ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН

К.Т.Н. Верещагин С.Б.

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия
sbver@yandex.ru

В процессе проведения многолетних климатических исследований и анализа исследовательских работ других авторов был выявлен ряд методических ошибок, которые не позволяли получить в некоторых случаях объективные и достоверные результаты исследований. Также в результате оценки ряда материалов исследований отечественных и зарубежных авторов было выявлено сокрытие реальных температурно-влажностных характеристик внутри обитаемых отсеков. Это было сделано, скорее всего, по причине коммерческой заинтересованности в искаженных результатах исследований. С начала 90-х годов XX века автору приходилось очень часто принимать участие в работах с целью улучшения климатических характеристик внутри обитаемых отсеков специальных колесных и гусеничных машин, но машины по своей конструкции были совершенно не приспособлены для установки климатических установок и не обладали свободной мощностью для обеспечения их механического и электрического приводов. Особенно сложно обеспечить требуемые климатические характеристики в обитаемых отсеках в условиях высоких температур. Это связано с тем, что стоимость холода в обитаемом отсеке в 5–7 раз выше, чем стоимость тепла, к тому же агрегаты, используемые для генерации холода, требуют большей точности и качества изготовления по сравнению с другими агрегатами, а большие вибрационные и ударные нагрузки приводят к повреждению деталей и агрегатов системы и утечки хладагента. Были проведены исследования по объективной оценке тепловых потоков, поступающих в кабины и обитаемые отсеки, и результаты сравнены с прежними методическими наработками. В ходе исследований было определено, что основную тепловую нагрузку кабин и обитаемых отсеков несет солнечная радиация, проникающая внутрь обитаемого отсека через прозрачные ограждения. По результатам натурных исследований даны рекомендации по климатическим испытаниям полноразмерных машин и макетов кабин. Натурные климатические испытания являются наиболее сложными по своей сути, так как они зависят от переменной погоды и во многих случаях не могут объективно воспроизведены в климатической камере.

Ключевые слова: климат, солнечная радиация, кабина, обитаемый отсек, климатическая установка, температура.

Для цитирования: Верещагин С.Б. Методология проведения климатических испытаний в кабинах и обитаемых отсеках колесных и гусеничных машин // Известия МГТУ «МАМИ». 2020. № 3 (45). С. 2–6. DOI: 10.31992/2074-0530-2020-45-3-2-6.

Введение

Автором на протяжении двадцати семи лет проводились различные климатические испытания с целью выявления температурно-влажностных характеристик в кабинах и обитаемых отсеках специальных колесных и гусеничных машин в условиях высоких температур. В процессе изучения было обнаружено, что исследователи ранее допускали ряд методических ошибок, а некоторые из них, по всей видимости, по причине коммерческой заинтересованности скрывали реальную картину температурно-влажностных характеристик. При проведении климатических испытаний проявился ряд проблем, которые приходилось оперативно решать. Путям решения этих проблем посвящена эта работа.

Проблемой обеспечения климата в кабинах и обитаемых отсеках автор со своими коллегами начал заниматься с начала 90-х годов XX века. Этот период совпал с сокращением выпуска военных и гражданских специальных машин, но в то же время серийно выпускаемые малыми сериями и эксплуатируемые транспортные средства подвергались модернизации, им придавались новые качества, и они очень часто переоборудовались для выполнения задач, к которым совершенно не предназначались при первоначальном проектировании.

Очень часто заказчики новой модификации машины требовали улучшения климатических характеристик внутри обитаемых отсеков. Причем требования были порой очень жесткими: при наружной температуре от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$

до +50 °С внутри обитаемого отсека должна была быть стабильная температура +18 °С во всех режимах движения и при стоянке.

Анализ конструкций транспортных средств показал, что они совершенно не были готовы к обеспечению жестких климатических условий в кабинах и обитаемых отсеках. Особенно это проявилось при проведении мероприятий по обеспечению приемлемых температурных условий для водителя и экипажа при высоких температурах. При анализе конструкций машин с целью обеспечения требуемых климатических показателей в условиях жары были выявлены следующие их недостатки:

- при проектировании кабин и обитаемых отсеков совершенно не проводятся мероприятия по защите водителя и экипажа от воздействия прямой солнечной радиации;

- обитаемые отсеки и моторный отсек не приспособлены для размещения в них агрегатов систем кондиционирования.

Многие специалисты по конструированию колесных и гусеничных машин ошибочно представляют, что для создания условий труда водителя в условиях высоких температур можно взять обычный бытовой холодильник, прорезать в нем отверстия, вставив в них окна, установить внутри кресло, органы управления и всю эту конструкцию подсоединить к компактной мобильной электростанции, и вопрос обеспечения климата будет решен. Подобным способом вопрос климата решить, конечно, можно, но во сколько экономически обойдется решение этого вопроса? По статистике стоимость обеспечения холода в кабине оказывается в 5...7 раз дороже, чем обеспечение тепла [1]. А агрегаты и детали, используемые для изготовления кондиционерных установок, требуют на порядок большей точности и качества изготовления, чем другие агрегаты. К тому же интенсивные вибрационные и ударные воздействия очень быстро приводят к повреждению деталей и утечке хладагента.

Имея опыт обеспечения климатических условий при высоких температурах, можно сказать, что даже превышение поступления солнечной радиации в обитаемый отсек всего на 15...20 % может кардинально технически усложнить и увеличить стоимость конструктивных мероприятий, а в некоторых случаях может их исключить совсем, так как будут требоваться агрегаты по типоразмеру большей мощности. В случае обеспечения работы

кондиционерной установки с непосредственным механическим приводом от двигателя агрегаты по массово-габаритным показателям во многих случаях не смогут быть установлены. Если компрессор парокомпрессионной (фреоновой) установки имеет электрический привод, то мощность бортовой сети транспортного средства может не обеспечить работу такой системы, будет происходить перегрузка генератора и разряд аккумуляторных батарей.

Правильному проектированию кабин и обитаемых отсеков может способствовать объективная оценка тепловых потоков, поступающих в них. В многочисленных методиках расчетов теплового баланса кабин и обитаемых отсеков считается, что тепловая энергия, поступающая через панель крыши и боковые непрозрачные панели, равна тепловой энергии, поступающую через прозрачное остекление, или превышает ее. Это приводит к неправильным расчетам теплового баланса и требует на практике применять кондиционерные установки большей мощности.

Методы проведения исследований

Были проведены эксперименты по определению значимости различных тепловых потоков, поступающих в обитаемые отсеки, с помощью экранирования отдельных участков наружных панелей и остекления салона автомобиля (рис. 1).



Рис. 1. Температурные эксперименты при экранировании крыши, ветрового и заднего стекла

Результаты и их обсуждение

Эксперименты показывают, что основное значение для нагрева обитаемого отсека в условиях летних высоких температур несет солнечная радиация, поступающая через остекле-

ние кабины или обитаемого отсека (см. табл.) [2, 3].

В процессе статических и ходовых климатических испытаний порой мало внимания уделяется такому важному фактору, как естественное перемещение солнца по горизонту относительно земли. Следует учитывать при климатических испытаниях, что угловая величина перемещения равна 15° в час, или за 20 минут солнце по горизонту перемещается на 5° . При проведении климатических испытаний это довольно высокая угловая величина. Ясно, что самые объективные результаты будут при таком расположении объекта, когда он находится в положении, при котором солнечная радиация может максимально влиять на повышение температуры в кабине.

Испытателям нужно иметь в виду, что сама подготовка к климатическим испытаниям занимает минимум час. За это время солнце, как говорилось ранее, изменит свое угловое положение на 15° . Самый лучший вариант организации испытаний, когда можно в процессе исследований корректировать положение машины или кабины, заключающийся в перемещении или повороте объекта по часовой стрелке в направлении «за солнцем».

Когда проводились испытания конструктивной тепловой защиты на макете кабины (рис. 2), конструкция позволяла вращать макет на опорной стойке на 360° . В процессе испытаний проводились исследования на так называемый «тепловой пробой», при котором, если тепловая защита спроектирована неправильно,

в каком-то угловом положении относительно солнца температура в кабине начинала бы нарастать. Макет кабины вращался против часовой стрелки (против направления перемещения солнца по горизонту). Кабина поворачивалась каждые 3 минуты на 30° . Так как температурные условия в период жары могут быть нестабильными, время на эксперименты весьма ограничено. Для данного вида испытаний оборот на 360° за час является оптимальным режимом и для фиксации температурных характеристик, и для оценки в процессе эксперимента конструкции исследуемой тепловой защиты.

Иногда исследователи допускают ошибку при изменении температуры наружных панелей кабины. Опыт показал, что температура «голой» металлической панели будет отли-



Рис. 2. Конструкция макета кабины с возможностью вращения на 360° относительно солнца и возможностью менять конструкцию тепловой защиты

Таблица

Измерение температуры в кабине машины на водительском месте при различных вариантах экранировании крыши, ветрового и заднего стекол (машина ориентирована передней частью на солнце (продольной осью), положение корректируется через каждые 15 минут, наружная влажность воздуха в тени 45...57 %)

Зона измерения температуры	Зона головы водителя	Зона груди водителя	Зона живот-бедрa водителя	Зона голени-стопы водителя	Внешняя температура в тени
Кабина находится в тени	+30,7 °С	+30,8 °С	+31,4 °С	+29,5 °С	+31 °С
Кабина на солнце, крыша, ветровое и заднее стекла экранированы	+33,1 °С	+33,5 °С	+33,1 °С	+30,9 °С	+31 °С
Кабина на солнце, экран с крыши автомобиля снят	+33,8 °С	+33,6 °С	+33,4 °С	+33,4 °С	+31 °С
Кабина на солнце, экран с крыши и стекла снят	+43 °С	+40 °С	+62 °С	+32 °С	+32 °С

чаться от температуры панели с установленной на ней теплоизоляцией. Теплоизоляция играет роль термоса и затрудняет теплообмен с внутренним объемом кабины. Температура такой панели будет всегда выше, чем «голой» панели без теплоизоляции, хотя теплоизоляция при этом будет играть свою роль и снижать поступление тепла в кабину [4, 5].

Заключение

Натурные климатические испытания являются одними из самых сложных из всего комплекса испытаний, которым может подвергаться колесная и гусеничная техника, так как на сложность подобных испытаний влияет переменчивый нестабильный климат, способный меняться как в течение дня, так и на протяжении всего срока испытаний. Но, тем не менее, подобные испытания в отличие от других невозможно заменить стендовыми экспериментами или испытаниями в климатических камерах, так как в этих условиях трудно смоделировать сложный процесс воздействия естественно солнечной радиации на машину.

Литература

1. Варламов В.А. Что надо знать водителю о себе. 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 2011. № 3 (84). Серия «Машиностроение». С. 56–63.
3. Верещагин С.Б. Влияние высоких температур в кабине транспортного средства на функционирование водителя // Проектирование колесных машин: материалы науч.-техн. конф. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 21–22 мая 2008 г. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. С. 132–136.
4. Верещагин С.Б. Конструктивные способы защиты кабин колесных и гусеничных машин от воздействия высоких температур в условиях

жаркого климата // Теоретические и экспериментальные исследования многоцелевых гусеничных и колесных машин: Сб. науч. тр.; МАДИ. М, 2010. С. 43–46.

5. Верещагин С.Б. Обеспечение климатических условий в кабинах и обитаемых отсеках специальных колесных и гусеничных машин: монография. МАДИ. М, 2014. 99 с.

References

1. Varlamov V.A. *Chto nado znat' voditelyu o sebe* [What the driver needs to know about himself]. Moscow: Transport Publ., 1990. 192 p.
2. Vereshchagin S.B. Investigation of the temperature and humidity in the vehicle cabin in hot conditions. *Vestnik MGTU im N.E. Baumana. Seriya Mashinostroyeniye*. 2011. No 3 (84), pp. 56–63. (in Russ.).
3. Vereshchagin S.B. The influence of high temperatures in the vehicle cabine on the functioning of the driver. *Proyektirovaniye kolesnykh mashin: materialy nauch.-tekhn. konf. MGTU im. N.E. Baumana, 21–22 maya 2008 g.* [Design of Wheeled Vehicles: materials of scientific and technical conference; Bauman Moscow State Technical University; May 21–22, 2008]. Moscow: Izd-vo MGTU im. N.E. Bauman Publ., 2010, pp. 132–136. (in Russ.).
4. Vereshchagin S.B. Design ways to protect the cabins of wheeled and tracked vehicles from high temperatures in hot climates. *Teoreticheskiye i eksperimental'n-yye issledovaniya mnogotselovykh gusenichnykh i kolesnykh mashin: Sb. nauch. tr.*; [Theoretical and Experimental Research of Multi-purpose Tracked and Wheeled Vehicles: Collection of scientific papers] *MADI Publ.*. Moscow, 2010, pp. 43–46. (in Russ.).
5. Vereshchagin S.B. *Obespecheniye klimaticheskikh usloviy v kabinakh i obitayemykh otsekakh special'nykh kolesnykh i gusenichnykh mashin* [Providing climatic conditions in the cabins and habitable compartments of special wheeled and tracked vehicles: monograph]: monografiya. MADI Publ. Moscow, 2014. 99 p.

METHODOLOGY FOR CONDUCTING CLIMATIC TESTS IN CABINS AND HABITABLE COMPARTMENTS OF WHEELED AND TRACKED VEHICLES

PhD in Engineering **S.B. Vereshchagin**
Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia
sbver@yandex.ru

In the course of many years of climate research and analysis of research works by other authors, a number of methodological errors were identified that did not allow obtaining objective and reliable research results in some cases. As a result of evaluating a number of research materials of domestic and foreign researchers, it was revealed that the real temperature and humidity characteristics are hidden inside the habitable compartments. This was done, most likely due to a commercial interest in distorted research results. Since the beginning of the 90s of the twentieth century, the author often had to take part in works of improving the climatic characteristics inside the inhabited compartments of special wheeled and tracked vehicles, but the vehicles were completely unsuitable for installing climate control systems by their design and did not have free power to ensure their mechanical and electrical drive. It is especially difficult to provide the required climatic characteristics in the habitable compartments at high temperatures. This is due to the fact that the cost of cold in the habitable compartment is 5–7 times higher than the cost of heat, besides, the units used to generate cold require greater precision and quality of manufacture compared to other units, and large vibration and shock loads lead to damage system parts and assemblies and refrigerant leaks. The studies were carried out to objectively assess the heat fluxes entering the cabins and habitable compartments. The results were compared with previous methodological developments. In the process of research it was determined that the main heat load of the cabins and habitable compartments is borne by solar radiation, penetrating into the habitable compartment through transparent fences. The recommendations for climatic testing of full-size vehicles and cabin prototypes based on the results of field studies were given. Full-scale climatic tests are inherently the most difficult, since they depend on changeable weather, and in many cases cannot be objectively reproduced in a climatic chamber.

Keywords: climate, solar radiation, cabin, habitable compartment, air conditioning, temperature.

Cite as: Vereshchagin S.B. Methodology for conducting climatic tests in cabins and habitable compartments of wheeled and tracked vehicles. *Izvestiya MGTU «MAMI»*. 2020. No 3 (45), pp. 2–6 (in Russ.). DOI: 10.31992/2074-0530-2020-45-3-2-6.