

УДК 629.36.042.2

DOI: 10.46960/1816-210X\_2021\_3\_81

## ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СРЕДСТВ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ КАБИН И ОБИТАЕМЫХ ОТСЕКОВ

**С.Б. Верещагин**

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

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

*Москва, Россия*

Изложены концептуальные основы конструирования теплозащищенной кабины, позволяющей обеспечить относительно комфортные условия водителя и экипажа в условиях жары без использования кондиционера. Определены углы позиционирования солнца на территории вероятной эксплуатации техники от юга Краснодарского края до Мурманской области. Наиболее опасные значения, при которых на кабину воздействует максимальная тепловая радиация, наблюдаются в исследуемых регионах с 1 мая по 20 сентября с 10<sup>00</sup> до 16<sup>00</sup>. По итогам расчетов установлены параметры пассивной тепловой защиты (размеры окон кабины, углы отрицательного отклонения стекол, конфигурации солнцезащитных козырьков и панелей). Эффективным средством тепловой защиты крыши кабины является горизонтальный экран. При его разработке и использовании большое значение имеет воздушная прослойка между самим экраном и крышной панелью кабины. Необходим учет предполагаемой скорости воздуха, протекающего при движении и стоянке между крышной панелью и теплозащитным экраном.

**Ключевые слова:** температура, кабина, угол затенения, остекление, козырек, солнечная радиация.

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Верещагин, С.Б. Основы проектирования средств тепловой защиты кабин и обитаемых отсеков // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2021. №3. С. 81-85. DOI: 10.46960/1816-210X\_2021\_3\_81

## BASICS OF DESIGNING MEANS FOR THERMAL PROTECTION OF CABINS AND CREW MODULES

**S.B. Vereshchagin**

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

Moscow Automobile and Road Transport State Technical University

*Moscow, Russia*

**Abstract.** The conceptual framework of designing a thermally protected cabin is presented. The design should ensure relatively comfortable conditions for the driver and crew in hot outdoor conditions without using an air conditioner. The solar position angles were found for the territory of probable vehicle operation ranging from the south of the Krasnodar Territory to the Murmansk Region. The most hazardous conditions, when the cabin is subjected to maximum thermal radiation, occur in these regions from May 1 to September 20 from 10 a.m. to 4 p.m. Designing has established the parameters of passive thermal protection (cabin windows sizes, angles of negative deviation of the glazing, and the configurations of solar protection windscreen visors and panels). A horizontal screen is an effective means of thermal protection of the cabin roof. During its design and use, of critical importance is the air gap between the screen itself and the cabin roof panel. It is necessary to account for the assumed velocity of the airflow between the roof panel and the thermal protection screen during driving and standstill.

**Key words:** temperature, cabin, shading angle, glazing, visor, solar radiation.

**FOR CITATION:** S.B. Vereshchagin. Basics of designing means for thermal protection of cabins and crew modules. Transactions of NNSTU n.a. R.E. Alekseev. 2021. № 3. Pp. 81-85. DOI: 10.46960/1816-210X\_2021\_3\_81

В последние десятилетия выросли требования к обитаемости кабин и обитаемых отсеков транспортно-технологических и специальных колесных и гусеничных машин. Главной проблемой является обеспечение комфортного состояния водителя и экипажа в условиях

летней жары. Проблема обеспечения климатических условий при низких температурах в основном решена.

Основным способом обеспечения оптимальных климатических условий в кабинах и обитаемых отсеках в условиях жары в настоящее время является установка системы кондиционирования. Техническое решение вопроса оказывается дорогостоящим. Если рассматривать обеспечение теплом и холодом, с учетом стоимости систем и стоимости их обслуживания, тепло в кабине транспортного средства стоит в 7... 10 раз дешевле, чем холод. К этому следует добавить увеличение расхода топлива двигателем от увеличения сопротивления вращения компрессора при его включении, что снижает полезную мощность на коленчатом валу двигателя и увеличивает стоимость эксплуатации машины. При этом на машинах, изначально не подготовленных для установки системы кондиционирования, такую установку бывает смонтировать трудно, а иногда невозможно. Необходимо изыскать место для установки всех агрегатов системы кондиционирования. Наибольшие проблемы возникают при установке компрессора, испарителя и конденсатора; не менее важно и обеспечение привода компрессора кондиционера. Из конструкторского опыта можно сказать, что на специальных колесных и гусеничных машинах, на которых установлены весьма распространенные и часто используемые двигатели, обеспечить привод компрессора кондиционера практически невозможно. На автомобилях семейства УАЗ в моторном отсеке нет достаточного места для установки компрессора соответствующей мощности, и обеспечение его привода также остается под большим вопросом. Использование электрического привода для обеспечения работы компрессора также не дает требуемый эффект, так как компрессор кондиционера потребляет значительную мощность, а мощности стандартного генератора в этом случае не хватает. Даже если есть возможность установить более мощный генератор, мощности которого будет достаточно для обеспечения работы компрессора, то в зимнее, осеннее и весеннее время, когда кондиционер не используется, излишняя электрическая мощность может выводить из строя агрегаты и элементы электрооборудования и сокращает ресурс аккумуляторных батарей.

Единственным выходом является создание конструкции кабины, не нуждающейся в кондиционере или в использовании кондиционера минимальной мощности, например, термоэлектрического, подсоединяемого к электросети машины. Это требует создание конструкции кабины максимально защищающей внутренний обитаемый объем от проникновения солнечной радиации. На территории России севернее Ростовской области средняя дневная температура редко превышает  $+23...+25$  °С [1]. Максимальная температура, при которой водитель может безопасно функционировать составляет  $+27...+28$  °С [2-5].

### **Изыскание конструктивных параметров тепловой защиты кабин**

Проведенные исследования показывают, что основной причиной повышения температуры внутри кабины является солнечная радиация, проникающая через остекление (60...70 %) [6]. Второй по значимости причиной является нагрев крыши (20...25 %), третьей – нагрев стенок кабины (5...15 %). Если конструкторы гражданских легковых и грузовых автомобилей при проектировании кабин и обитаемых отсеков ограничены дизайном и характеристиками аэродинамика, мешающими спроектировать теплозащищенную кабину, то конструкторы транспортно-технологических и специальных машин, имеющих относительно небольшие скорости движения, могут спроектировать кабину, наиболее отвечающую требованиям теплозащищенности и эргономики. При ее проектировании для определения размеров стекол, угла отклонения ветрового стекла, размеров и выноса солнцезащитных козырьков, размера солнцезащитного экрана крыши важно знать углы высоты позиционирования солнца в жаркое время года в широтах вероятной эксплуатации техники. Для расчета систем кондиционирования принято рассчитывать нагрев кабины в дневное время в промежутке между  $11^{00}$  и  $15^{00}$  [7, 8], так как в это время солнечная радиация наиболее интенсивна. Проведенные

ранее исследования [6] показывают, что солнечная радиация в ранние часы и более поздние может повлиять на повышение температуры в кабине. По этой причине необходимо расчетное время определения интенсивности солнечной радиации сдвинуть на час назад и на час вперед. В этом случае расчетная временная зона солнечного воздействия будет равна 6 часам: с 10<sup>00</sup> до 16<sup>00</sup>. Вероятная территориальная зона эксплуатации колесной и гусеничной машины может простирается от юга Краснодарского края (45° 02' северной широты) до юга Мурманской области (59° 57' северной широты). Расчетное время года наибольшей солнечной радиации принимается с 1 мая по 20 сентября. Данные углов позиционирования солнца в интересующее нас время года на исследуемых территориях [9-11] отражены в табл. 1.

Таблица 1.

Углы позиционирования солнца в зависимости от времени года и времени дня

Table 1.

**Solar position angles vs. time of the year and day**

**Мурманская область (59° 57' С.Ш.)**

Число / месяц	Время		
	10.00	12.00	16.00
1 мая	40°	45°	28°
20 июня	48°	53°	36°
20 сентября	28°	32°	16°

**Московская область (55° 45' С.Ш.)**

Число / месяц	Время		
	10.00	12.00	16.00
1 мая	44°	50°	29°
20 июня	51°	58°	36°
20 сентября	32°	36°	17°

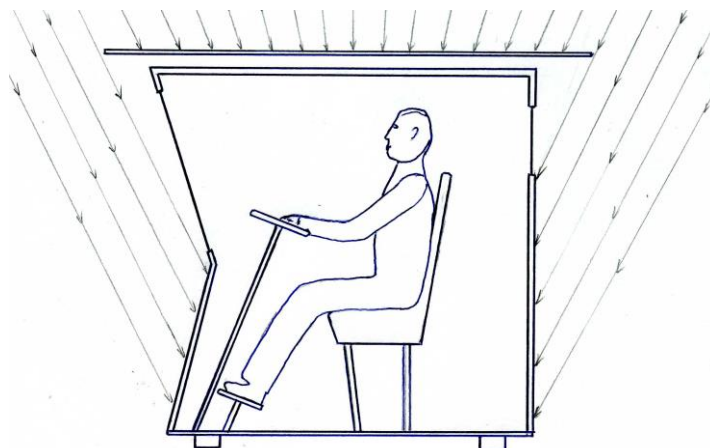
**Краснодарский край (45° 02' С.Ш.)**

Число / месяц	Время		
	10.00	12.00	16.00
1 мая	51°	60°	32°
20 июня	58°	68°	38°
20 сентября	40°	47°	21°

Проанализировав данные углов позиционирования солнца, можно заключить, что рациональные углы затенения, способные оптимально с соблюдением норм компоновки и эргономики кабины обеспечить ее максимальную теплозащиту, составляют 40°...50°. Исходя из этих значений, можно проектировать размеры окон, углы наклона ветрового стекла, конфигурацию и размеры солнцезащитных козырьков.

**Исследование параметров проектирования солнцезащитных экранов**

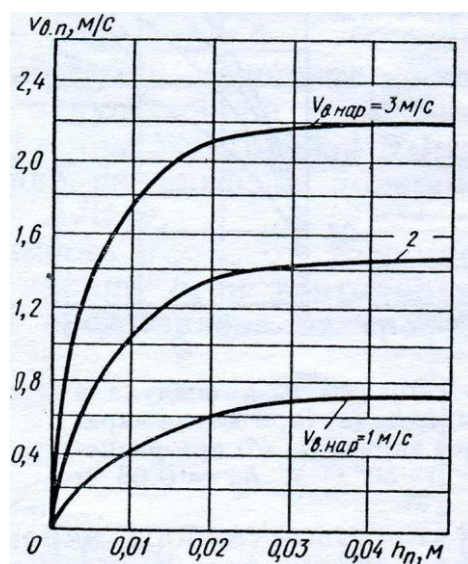
При проектировании горизонтальных солнцезащитных экранов (рис. 1) стараются добиться двух целей: предотвратить или снизить нагрев крышной панели кабины и обеспечить затенение стекол и стенок кабины. При этом для обеспечения максимальной эффективности экрана важны его площадь, конфигурация и толщина воздушной прослойки между экраном и панелью крыши. Величину оптимальной толщины воздушной прослойки между панелью крыши и солнцезащитным экраном можно определить, проанализировав характеристики эффективности протекания воздуха между крышной панелью и солнцезащитным экраном при движении машины с различной скоростью и соответственно различной скоростью набегающего воздушного потока (рис. 2) [12].



**Рис. 1. Вариант установки горизонтального солнцезащитного экрана на крыше кабины специальной машины**

**Fig. 1. Variant of installing the horizontal solar protection screen on the roof of a special vehicle**

С точки зрения обеспечения максимальной теплозащиты кабины, при соблюдении требований к ее эргономике и компоновке оптимальной толщиной воздушной прослойки между панелью крыши и солнцезащитным экраном будет 40...50 мм. Натурные исследования показали, что при правильном выборе конструкции солнцезащитного экрана и величины воздушной прослойки между экраном и крышной панелью достаточная эффективность теплозащиты сохраняется и тогда, когда машина стоит на месте и скорость протекания воздушного потока в прослойке равна нулю. При правильном конструировании солнцезащитного экрана можно отказаться от внутренней теплоизоляции панели крыши.



**Рис. 2. Зависимость скорости воздуха между крышной панелью и солнцезащитным экраном  $V_{в.п.}$  от толщины воздушной прослойки  $h_n$  между ними и скорости набегающего наружного воздуха  $V_{в.нар.}$  (при длине экрана 1...1,5 м) [12]**

**Fig. 2. Velocity of air flowing between the roof panel and the solar protection screen  $V_{a.g.}$  vs. air gap thickness  $h_g$  between them and the velocity of the incoming outdoor air  $V_{a.out.}$  (with a screen length of 1-1.5 m) [12]**

### Выводы

1. При правильном проектировании и расчете углов затенения от солнца козырьков и экранов можно ожидать понижения температуры в кабине до приемлемых величин без использования систем кондиционирования.

2. Горизонтальный солнцезащитный экран может обеспечивать эффективную теплозащиту при воздушной прослойке между ним и верхней панелью крыши, равной 40...50 мм.

### Библиографический список

1. ГОСТ 16350-80 Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей. 1981г.
2. **Варламов, В.А.** Что надо знать водителю о себе / В.А. Варламов. – М.: «Транспорт» 1990г. - 192 с.
3. **Багиров, Б.Г.** Человек в жарком климате / Б.Г. Багиров. – Ашхабад: 1977. – 64 с.
4. **Вайсман, А.И.** Гигиена труда водителей автомобилей / А.И. Вайсман. – М.: Медицина, 1988.
5. **Кошеев, В.С.** Физиология и гигиена индивидуальной защиты человека в условиях высоких температур / В.С. Кошеев, Е.А. Кузнец. –М.: Медицина, 1986. – 255 с.
6. **Верещагин, С.Б.** Обеспечение климатических условий в кабинах и обитаемых отсеках специальных колёсных и гусеничных машин: монография / С.Б. Верещагин; МАДИ. – М, 2014. – 100 с.
7. **Лях, Г.Д.** Кондиционирование воздуха в кабинах транспортных средств и кранов / Г.Д. Лях, И.М. Смола. – М.: Metallurgy, 1982. – 128 с.
8. ГОСТ Р 50993-96 Автотранспортные средства. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования. Требования к эффективности и безопасности, 1996.
9. **Бартенева, О.Д.** Режим естественной освещенности на территории СССР / О.Д. Бартенева, Е.А. Полякова, Н.П. Русин. – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1971. – 240 с.
10. **Сивков, С.И.** Методы расчета характеристик солнечной радиации / С.И. Сивков. – Л.: Гидрометеоиздат, 1968.
11. **Шаронов, В.В.** Таблицы для расчета природной освещенности и видимости / В.В. Шаронов. – М.: Изд-во АН СССР, 1945.
12. **Михайлов, М.В.** Микроклимат в кабинах мобильных машин / М.В. Михайлов, С.В. Гусева. – М.: Машиностроение, 1977. – 230 с.

*Дата поступления  
в редакцию: 09.02.2021*