Научная статья

УДК 656.1

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-6-712-719>

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЯ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА

И.Н. Якунин¹, Н.Н. Якунин², А.Ф. Фаттахова², Ш.М. Минатуллаев³¹АО «Биотехальянс», г. Москва, Россия,²Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия,³Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова,

Республика Дагестан, г. Махачкала, Россия

btarf@btarf.com, <https://orcid.org/0000-0003-4932-5714>yakunin-n@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7240-4982>alm-fed@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7244-7184>interpol1199@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3831-688X>

АННОТАЦИЯ

Введение. Смена зимнего сезона на летний сопровождается резким ростом аварийности на дорогах, при этом количество аварий имеет прямую зависимость от температуры воздуха. Причиной является неблагоприятное воздействие высоких температур и солнечной активности, которые создают в салоне автомобиля эффект «парной».

В данной статье произведён анализ тепловых полей водителя, находящегося в салоне автомобиля, в жаркое время года при разных режимах компенсации теплового эффекта. Высокие температуры способны оказывать значительное негативное влияние на состояние водителя. Этим обусловлена актуальность рассматриваемого вопроса.

Материалы и методы. В работе замер температуры и освещённости произведён с помощью электронного термометра TP101 и люксметра Мегеон-21550. Визуализация тепловых полей внешнего и внутреннего пространства автомобиля произведена с помощью тепловизора Testo-875. По завершении съёмки тепловых полей данные обрабатывались с помощью специализированного программного обеспечения.

Результаты. Основным результатом работы являются характеристика и распределение тепловых полей водителя, находящегося в салоне автомобиля с открытым окном, с кондиционером и системой «климат-контроль» в условиях высоких температур окружающего воздуха, которые позволят разработать меры по повышению надёжности водителя и минимизации аварийности. Эти результаты представляют научную новизну исследования.

Обсуждение и заключение. Применение результатов работы позволит выработать рекомендации комплексным автотранспортным предприятиям по организации работы их технических и эксплуатационных служб с учетом температур в летнее время.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: солнечная активность, высокие температуры воздуха, безопасность дорожного движения, тепловые поля, система «климат-контроль»

Статья поступила в редакцию 20.10.2021; одобрена после рецензирования 08.12.2021; принята к публикации 14.12.2021.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Якунин И.Н., Якунин Н.Н., Фаттахова А.Ф., Минатуллаев Ш.М. Результаты исследования эффективности климатических систем автомобиля в условиях жаркого климата // Вестник СибАДИ. 2021. Т.18, № 6(82). С. 712-719. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-6-712-719>

© Якунин И.Н., Якунин Н.Н., Фаттахова А.Ф., Минатуллаев Ш.М., 2021

Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-6-712-719>

RESULTS OF A STUDY THE EFFICIENCY OF AUTOMOBILE CLIMATE SYSTEMS IN HOT CLIMATES

Ivan N. Yakunin¹, Nikolay N. Yakunin², Almira F. Fattakhova², Shamil M. Minatullaev³

¹AO Biotechalliance,
Moscow, Russia

²Orenburg State University,
Orenburg, Russia

³M.M. Dzhambulatov Dagestan State Agrarian University,
Republic of Dagestan, Makhachkala, Russia
btarf@btarf.com, <https://orcid.org/0000-0003-4932-5714>
yakunin-n@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7240-4982>
alm-fed@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7244-7184>
interpol1199@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3831-688X>

ABSTRACT

Introduction. The change of a winter season to a summer season is accompanied by a sharp increase in accidents on the roads; at the same time, the number of accidents is directly dependent on the air temperature. The reason for this is the adverse effects of high temperatures and solar activity, which create a "steam room" effect in the car interior.

This article analyzes the thermal fields of the driver, who is in the car, in the hot season with different modes of compensation of the thermal effect. High temperatures can have a significant negative impact on the driver's condition. This is due to the relevance of the issue under consideration.

Materials and methods. In the work, the temperature and illumination were measured using an electronic TP101 thermometer and a Megeon-21550 luxmeter. Visualization of the thermal fields of the external and internal space of the car was made using a Testo 875 thermal imager. Upon completion of the survey of thermal fields, the data was processed using specialized software.

Results. The main result of the work is the characteristic and distribution of the thermal fields of the driver, who is in the car, with an open window, with air conditioning and a climate control system in high ambient temperatures, which will allow to develop measures to improve the reliability of the driver and minimize accidents. These results represent the scientific novelty of the study.

Discussion and conclusion. The application of the results of the work will make it possible to develop recommendations for complex motor transport enterprises on the organization of their technical and operational services, taking into account temperatures in the summer

KEYWORDS: solar activity, high air temperatures, road safety, thermal fields, climate control system.

The article was submitted 20.10.2021; approved after reviewing 08.12.2021; accepted for publication 14.12.2021.

The authors have read and approved the final manuscript.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

For citation: Yakunin I.N., Yakunin N.N., Fattakhova A.F., Minatullaev S.M. Results of a study the efficiency of automobile climate systems in a hot climate. The Russian Automobile and Highway Industry Journal. 2021; 18 (6): 712-719. DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-6-712-719>

© Yakunin I.N., Yakunin N.N., Fattakhova A.F., Minatullaev S.M., 2021

Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно официальной статистике¹, в период с мая по октябрь, с ростом температуры воздуха, происходит увеличение числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП), приходящихся на тысячу зарегистрированных транспортных средств. В работе [1] определена прямая зависимость аварийности от количества дней в месяце со среднесуточной температурой, превышающей 25 °С. Данное значение является верхним пределом в диапазоне комфортных значений температуры².

Известно, что как увеличение температуры, так и интенсивности солнечной активности уменьшают тормозной путь³, что указывает на человеческий фактор как основную причину роста аварийности. Согласно официальной статистике, основными причинами снижения пропускной способности УДС в 75% являются водители и в 12% – неблагоприятные погодные-климатические условия [2]. Человек как звено системы «водитель-автомобиль-дорога-среда» (ВАДС) является не только основным, но и самым неустойчивым звеном. По своей природе человек характеризуется непостоянством, способностью к изменению, в связи с чем проблема надежности водителя сложна своей многоплановостью. При балансе звеньев системы вероятность ДТП незначительна. Дисбаланс хотя бы одного звена приводит к дисбалансу всей системы и росту вероятности ДТП.

Воздействие солнечного излучения на состояние водителя может быть как прямым, так и косвенным. К первому относятся эффекты солнечного ослепления [2], снижения уровня комфорта и уменьшения метеорологического состояния видимости. Наибольшее отрицательное воздействие эффекта солнечного ослепления наблюдается весной и осенью, когда время восхода и захода солнца совпадают с утренним или вечерним пиковым временем интенсивности движения. В эти периоды года возрастает количество аварий, совершенных в условиях эффекта солнечного ослепления.

К косвенным эффектам относятся: тепловой удар, увеличение времени реакции водителя, снижение уровня внимания, негативное влияние на оперативную память и мышление.

В обзоре [3] обобщены результаты исследований, посвященных тепловому комфорту в кабине автомобиля. Данная работа классифицирует влияние высоких температур и солнечной активности на физиологические и психологические аспекты водителя. Авторы ряда работ приходят к выводу, что как высокие значения температур, так и наличие прямых солнечных лучей оказывают негативное влияние на состояние водителей и в конечном счете на повышение аварийности.

Работы [4, 5, 6, 7, 8, 9] посвящены моделированию тепловых полей в кабине водителя в разных условиях движения и состояний окружающей среды. В работах [10, 11] приведены результаты численного моделирования тепловых процессов и климатических условий в салоне автомобиля с целью определения потоков тепла, способствующих созданию комфортной обстановки.

В работах [12, 13, 14] показано, что наличие прямых солнечных лучей снижает уровень комфорта, а также приводит к увеличению температуры в салоне автомобиля даже при наличии климатической установки.

Таким образом, солнечная активность и высокие температуры способны оказывать значительное негативное влияние на состояние водителя и через это на аварийность на дорогах. Данные эффекты должны быть учтены в первую очередь при организации регулярных грузовых и пассажирских перевозок.

Учитывая, что в настоящее время эффекты высоких температур и солнечной активности игнорируются автотранспортными предприятиями при работе с водителями, целью данной работы явилось установление закономерностей распределения температурных полей внутри салона автомобиля в жаркое время для последующего управления безопасностью дорожного движения.

¹ Показатели состояния безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://stat.gibdd.ru> (дата обращения: 21.09.2021).

² Буракова Л.Н. Температура воздуха в салоне автомобиля и ее влияние на безопасность дорожного движения // Л.Н. Буракова, Е.А. Черменина, И.А. Анисимов: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции «Организация и безопасность дорожного движения». Тюмень: ТюмГНГУ. 2013 С. 24–28.

³ Балакина Е.В., Кочетков А.В. Коэффициент сцепления шины с дорожным покрытием: монография. М.: Инновационное машиностроение. 2017. 292 с.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Замер температуры и освещённости – количественной меры солнечной радиации, производили с помощью электронного термометра TP101 и люксметра Мегеон-21550. Визуализация тепловых полей внешнего и внутреннего пространства автомобиля производили с помощью тепловизора Testo-875. По завершении съёмки тепловых полей данные обрабатывались с помощью специализированного программного обеспечения.

Теплосъёмка производилась при температуре воздуха 35 °С снаружи автомобиля, в его салоне во время движения при открытых и закрытых окнах, в условиях работы кондиционера и установки «климат-контроль».

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для разработки мер по минимизации аварийности, возникающей в результате воздействия солнечной активности и высоких температур, необходимо понимать процессы, происходящие в месте пребывания водителя.

Для этого фиксировалось поле температур внешней и внутренней поверхностей автомобиля с построением профилей отдельных участков. На рисунке 1, а показано поле температур автомобиля, на рисунке 1, б – температурный профиль заднего крыла в жаркое время года. Съёмка произведена во время наибольшей солнечной активности – в 14:00 по местному времени. Солнечное излучение составило 102 клк. Из рисунка 1 видно, что при попадании прямых солнечных лучей корпус автомобиля прогревается относительно рав-

номерно. Высокая поверхностная температура наблюдается не только для металлического корпуса, но и для стеклянной поверхности. В данном случае температура корпуса транспортного средства варьируется от 53 до 73 °С.

Учитывая, что кузов транспортных средств состоит из материала с высокой теплопроводностью, очевидна тесная связь температуры корпуса автомобиля с микроклиматом салона, который, кроме того, зависит также и от переноса тепла, от внутренней поверхности салона к водителю.

На рисунке 2 показано поле температур в салоне автомобиля.

Температура части панели, пребывающей в тени, находится в диапазоне 50–55 °С. Такой же диапазон температур имеет потолок и сиденья автомобиля при отсутствии отвода тепла. Такой нагрев, как было показано ранее, приводит к росту влажности и вместе с этим создаёт парниковый эффект, усиливающий теплообмен в организме человека, что негативно скажется на надёжности водителя и, как следствие, на аварийной обстановке.

Попадание солнечных лучей увеличивает температуру внутренней поверхности приблизительно на 20 °С, усиливает стресс водителя, тем самым усугубляя неблагоприятную обстановку. При попадании прямых солнечных лучей как температура корпуса, так и температура деталей салона транспортного средства зависит от их цвета. Разница температур чёрной и белой поверхностей составляет приблизительно 12 °С в меньшую сторону для элементов белого цвета и в большую – для чёрного.

Рисунок 1 – Поле температур автомобиля:
а – общий вид; б – температурный профиль линии, изображённой на рисунке 1, а

Figure 1 – Temperature field of the car:
a) general view; b) temperature profile of the line shown in Fig. 1a

Рисунок 2 – Поле температур панели автомобиля:
а – общий вид; б – температурный профиль линии сверху вниз

Figure 2 – Temperature field of the car panel:
a) general view; b) temperature profile of the line from top to bottom

На рисунке 3 показано поле температур в салоне автомобиля с водителем внутри (см. рисунок 3, а) и температурный профиль одежды водителя (см. рисунок 3, б). Из рисунка видны две области перегрева организма водителя: его одежда, температура которой в данном случае лежит в диапазоне от 37 до 40 °C, и верхняя часть головы, температура которой лежит в интервале 39–42 °C.

Видно, что одежда играет роль ретранслятора тепла, получаемого от воздуха и солнечных лучей. Повышенная температура головы может быть обусловлена нахождением вблизи неё нагретого потолка.

Резюмируя полученные данные, можно сказать, что снижение надёжности водителя в летний период обусловлено попаданием пря-

мых солнечных лучей в салон автомобиля, неблагоприятным полем температур и влажности в салоне. В случае неработающей климатической установки и закрытых окон, при наличии прямых солнечных лучей влажность в салоне всегда превышает влажность окружающей среды. Поэтому, по нашему мнению, мероприятия по снижению описанного эффекта должны разрабатываться в трёх направлениях.

Во-первых, необходимо минимизировать попадание прямых солнечных лучей в салон транспортного средства. Во-вторых, необходимо максимально, насколько это возможно, приблизить микроклимат в салоне транспортного средства к диапазону комфортных температур и влажности. В-третьих, перед началом

Рисунок 3 – Поле температур салона автомобиля с водителем внутри:
а – общий вид; б – температурный профиль линии сверху вниз

Figure 3 – Temperature field of a car interior with a driver inside:
a) general view; b) temperature profile of the line from top to bottom

Рисунок 4 – Поле температур в салоне автомобиля с включенным кондиционером и частично освещённой поверхности
а – общий вид; б – температурный профиль линии сверху вниз

Figure 4 – The temperature field in the interior of a car with the air conditioner on and of a partially illuminated surface
a) general view; b) temperature profile of the line from top to bottom

движения водитель должен обращать внимание на погоду, относясь к обстановке с высокой температурой и солнечной активностью как к потенциально опасной.

Снижение влажности в салоне происходит при движении с открытым окном, а при работе кондиционера или системы «климат-контроль» влажность воздуха быстро снижается до уровня влажности окружающей среды. Кроме уменьшения влажности, значительных положительных эффектов от проветривания салона не обнаружено. Поэтому данный способ компенсации рассматриваемого негативного эффекта далее разбираться не будет.

Наиболее распространённым способом отвода тепла, эффективно осушающим воздух и тем самым снижающим скорость нагрева тела, является кондиционер.

Работа кондиционера производит как локальное охлаждение участков пространства до комфортных значений температур, так и общее снижение температуры в салоне на 10–15 °C. Недостаток работы кондиционера заключается в локализации его действия, что может привести к перегреву необдуваемых участков тела. Так, направленный в лицо холодный поток воздуха создаёт дискомфорт у водителя, а отсутствие прямого отвода тепла от головы – её перегрев.

Рисунок 5 – Поле температур в салоне автомобиля с включенной системой «климат-контроль» и частично освещённой поверхности
а – общий вид; б – температурный профиль линии сверху вниз

Figure 5 – The temperature field in the interior of the car with the climate control system turned on and of the partially illuminated surface
a) general view; b) temperature profile of the line from top to bottom

Из картины распределения температур, приведённой на рисунке 4, видно, что кондиционер частично компенсирует нагрев поверхностей, снижая температуру освещённой части от 23 до 50 °С, а неосвещённой – от 15 до 40 °С. Температура одежды при этом варьируется в пределах 29–33 °С.

Таким образом, более эффективный теплоотвод производится с самой горячей поверхности, а одежда при этом перестаёт быть вторичным источником тепла.

На рисунке 5 показано распределение температур в салоне автомобиля в условиях работы системы «климат-контроль».

Из сравнения рисунков 5, а и 4, а видно, что при использовании системы «климат-контроль» поле распределения температур становится более размытым, что указывает на эффект выравнивания температурных полей, вызванный равномерным охлаждением салона транспортного средства. К такому же выводу можно прийти при сравнении рисунков 4, б и 5, б. Это же сравнение приводит к выводу, что система «климат-контроля» эффективнее, чем кондиционер снижает температуру внутренней поверхности салона автомобиля. Температура освещённой и неосвещённой поверхностей при работе системы «климат-контроль» на 5 °С ниже этих показателей при работе кондиционера и составляет 45 и 35 °С соответственно. Температура тела и одежды при этом лежит в диапазоне от 30 до 36 °С.

Таким образом, использование системы «климат-контроль» является наиболее эффективным из существующих способов компенсации эффекта высокой температуры. Однако также сказывается негативное воздействие прямых солнечных лучей, оказывающих ослепляющее воздействие и ухудшающих субъективное восприятие окружающей обстановки водителями.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решена актуальная научно-практическая задача, основным результатом которой являются характеристика и распределение температурных полей в салоне автомобиля в период высоких температур воздуха и солнечной активности во время движения при открытых и закрытых окнах, в условиях работы кондиционера и системы «климат-контроля». Эти результаты представляют научную новизну исследования.

На основании полученных результатов можно утверждать о необходимости повышения ответственности службы безопасности дорожного движения АТО за работу водителей

при высоких температурах воздуха и солнечной активности. Кроме этого, с целью повышения безопасности дорожного движения всех его участников необходимо предусмотреть наличие на дорогах информационных табло о высоких температурах воздуха. Данные заключения носят рекомендательный характер. Авторами планируется продолжить работу в развитии этих рекомендаций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Якунин И.Н., Меньших О.М., Шунгулов Д.М. Исследование влияния высокой температуры окружающей среды на безопасность автотранспортного процесса // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2019. № 7. С.138–145.
2. Пегин П. А. Статистический анализ влияния эффекта солнечного ослепления на тяжесть дорожно-транспортных происшествий // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2010. № 1(16). С. 99–108.
3. A. Alahmera Ahmed Mayyasb Abed A.MayyasbM.A.OmarbDongriShan. Vehicular thermal comfort models; a comprehensive review // Applied Thermal Engineering. Volume 31, Issues 6–7, May 2011, Pages 995–1002.
4. Khatoon, S., Kim, M.-H. Thermal comfort in the passenger compartment using a 3-D numerical analysis and comparison with Fanger's comfort models. *Energies* 2020, 13(3), 690.
5. Horobet, T., Danca, P., Nastase, I., Bode, F. Preliminary research on virtual thermal comfort of automobile occupants // E3S Web of Conferences 32, 01022 (2018).
6. Samrendra Singh, HesamAbbassi. 1D/3D transient HVAC thermal modeling of an off-highway machinery cabin using CFD-ANN hybrid method // Applied Thermal Engineering Volume 135, 5 May 2018, Pages 406–417.
7. Zhang, H., Arens, E., Huizenga, C., Han, T.: Thermal sensation and comfort models for non-uniform and transient environments: part I: local sensation of individual body parts. *J. Build. Environ.* 45, 380–388 (2010).
8. Fiala, D., Lomas, K.J., Stohrer, M.: Computer prediction of human thermoregulatory responses to a wide range of environmental conditions. *Int. J. Biometeorol.* 45, 143–159 (2001)
9. Lorenz, M., Fiala, D., Spinnler, M., Sattelmayer, T.: A Coupled Numerical Model to Predict Heat Transfer and Passenger thermal Comfort in Vehicle Cabins, SAE International, 2014–01-0664 (2014).
10. Horobet, T., Danca, P., Nastase, I., Bode, F. Preliminary research on virtual thermal comfort of automobile occupants // E3S Web of Conferences 32, 01022 (2018).
11. Dancă, P., Bode, F., Năstase, I., Croitoru, C.V., Meslem, A. Experimental and numerical study of the air distribution inside a car cabin // E3S Web of Conferences 85, 02014 (2019).
12. Yang, R., Zhang, H., You, S., Zheng, X., Ye, T. Study on the thermal comfort index of solar radiation

conditions in winter // *Building and Environment* Volume 167, January 2020, 106456.

13. Xu, C., Li, S., Zhang, X. Application of the CPMV index to evaluating indoor thermal comfort in winter: Case study on an office building in Beijing // *Building and Environment* Volume 162, September 2019, 106295.

14. Chen, K., Kaushik, S., Han, T.: Thermal Comfort Prediction and Validation in a Realistic Vehicle Thermal Environment, SAE International, 2012–01-0645 (2012).

REFERENCES

1. Yakunin IN, Menshikh OM, Shungulov D.M. Issledovanie vliyaniya vysokoy temperatury okruzhayushchey sredy na bezopasnost' avtotransportnogo processa [Investigation of the influence of high ambient temperature on the safety of the motor transport process] // *Intellect. Innovation. Investments* 2019. 7: 138-145. (in Russian)

2. Pegin, P.A. Statisticheskij analiz vliyaniya jeffekta solnechnogo osleplenija na tjazhest' dorozhno-transportnyh proisshestvij [Statistical analysis of the effect of solar blinding on the severity of road traffic accidents] // *Bulletin of the Pacific State University*. 2010. 1 (16): 99-108. (in Russian)

3. A.AlahmeraAhmedMayyasbAbed A. MayyasbM.A.OmarbDongriShan. Vehicular thermal comfort models; a comprehensive review // *Applied Thermal Engineering*. Volume 31, Issues 6–7, May 2011, Pages 995-1002.

4. Khatoun, S., Kim, M.-H. Thermal comfort in the passenger compartment using a 3-D numerical analysis and comparison with Fanger's comfort models. *Energies* 2020, 13(3): 690.

5. Horobet, T., Danca, P., Nastase, I., Bode, F. Preliminary research on virtual thermal comfort of automobile occupants // *E3S Web of Conferences* 32, 01022 (2018).

6. SamrendraSingh, HesamAbbassi. 1D/3D transient HVAC thermal modeling of an off-highway machinery cabin using CFD-ANN hybrid method // *Applied Thermal Engineering* 135, 5 May 2018, Pages 406-417.

7. Zhang, H., Arens, E., Huizenga, C., Han, T.: Thermal sensation and comfort models for non-uniform and transient environments: part I: local sensation of individual body parts. *J. Build. Environ.* 45, 380–388 (2010).

8. Fiala, D., Lomas, K.J., Stohrer, M.: Computer prediction of human thermoregulatory responses to a wide range of environmental conditions. *Int. J. Biometeorol.* 45, 143–159 (2001).

9. Lorenz, M., Fiala, D., Spinnler, M., Sattelmayer, T.: A Coupled Numerical Model to Predict Heat Transfer and Passenger thermal Comfort in Vehicle Cabins, SAE International, 2014–01-0664 (2014).

10. Horobet, T., Danca, P., Nastase, I., Bode, F. Preliminary research on virtual thermal comfort of automobile occupants // *E3S Web of Conferences* 32, 01022 (2018).

11. Dancă, P., Bode, F., Năstase, I., Croitoru, C.V., Meslem, A. Experimental and numerical study of the air distribution inside a car cabin // *E3S Web of Conferences* 85, 02014 (2019).

12. Yang, R., Zhang, H., You, S., Zheng, X., Ye, T. Study on the thermal comfort index of solar radiation conditions in winter // *Building and Environment* Volume 167, January 2020, 106456.

13. Xu, C., Li, S., Zhang, X. Application of the CPMV index to evaluating indoor thermal comfort in winter: Case study on an office building in Beijing // *Building and Environment* Volume 162, September 2019, 106295.

14. Chen, K., Kaushik, S., Han, T.: Thermal Comfort Prediction and Validation in a Realistic Vehicle Thermal Environment, SAE International, 2012–01-0645 (2012).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Якунин И.Н. Постановка задачи и проведение экспериментальной части исследования.

Якунин Н.Н. Статистическая обработка экспериментальных данных и выявление закономерностей.

Фаттахова А.Ф. Анализ ранее выполненных работ по тематике исследования.

Минатуллаев Ш.М. Проведение экспериментальной части исследования.

COAUTHORS' CONTRIBUTION

Ivan N. Yakunin. The statement of the task and experimental part of the study.

Nikolay N. Yakunin. Statistical processing of experimental data and patterns identification.

Almira F. Fattakhova. Analysis of previous work on the topic of the study.

Shamil M. Minatullaev Experimental part of the study

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Якунин Иван Николаевич – ведущий инженер по буровым растворам АО «Биотехальянс».

Якунин Николай Николаевич – д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой автомобильного транспорта.

Фаттахова Альмира Файзулловна – канд. техн. наук, доц., доц. кафедры автомобильного транспорта.

Минатуллаев Шамиль Минатуллаевич – канд. техн. наук, доц. кафедры технической эксплуатации автомобилей.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ivan N. Yakunin – Leading Drilling Fluid Engineer AO Biotechalliance,

Nikolay N Yakunin – Dr. of Sci., Professor, Head of the Automobile Transport Department, Orenburg State University,

Almira F. Fattakhova – Cand. of Sci., Associate Professor, Associate Professor of the Automobile Transport Department, Orenburg State University,

Shamil M. Minatullaev – Cand. of Sci., Associate Professor of the Automobile Technical Operation Department, M.M. Dzhambulatov Dagestan State Agrarian University