

Научная статья

УДК 331.453

УДК 629.341

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-5-510-523>

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ОТОПЛЕНИЯ В ПАССАЖИРСКОМ САЛОНЕ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Д.С. Алешков, М.В. Банкет, М.В. Суковин*Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ),
г. Омск, Россия**denisaleshkov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4204-7221>**mikhail_banket@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1901-8150>**sukovin_8@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3151-4341>*

АННОТАЦИЯ

Введение. Отличительной особенностью условий труда на арктических территориях является продолжительный период воздействия низких температур. Пассажирские перевозки автомобильным транспортом становятся одним из ключевых аспектов обеспечения непрерывности производственного процесса. Задачу доставки работающих к месту производства работ, перемещения их между рабочими зонами в течение рабочей смены решают применением колесных транспортных средств различных категорий. Одним из наиболее широко распространенных типов колесных транспортных средств, используемых для транспортирования работающих, являются колесные транспортные средства категории МЗ вместимостью не более 22 пассажиров. Обеспечение теплового комфорта пассажиров транспортных средств представляется актуальным, т.к. обеспечение биофизической совместимости минимизирует риски получения работающими холодовых травм и сохраняет высокий уровень работоспособности.

Материалы и методы. Представлены результаты анализа российских и зарубежных исследований в направлении обеспечения теплового комфорта и биофизической совместимости в замкнутых объемах. Приведены результаты компьютерного моделирования динамики параметров микроклимата в пассажирском салоне колесного транспортного средства категории МЗ вместимостью не более 22 пассажиров.

Результаты. В работе представлены результаты теоретических исследований, параметров микроклимата в пассажирском салоне транспортных средств с учетом дыхания пассажиров и изменения газового состава выдыхаемого воздуха. Были проведены теоретические исследования работы системы отопления пассажирского салона с учетом уточненной модели дыхания пассажиров. Получены распределения параметров микроклимата в сечении пассажирского салона при использовании системы отопления с одним отопителем, произведена оценка влияния дыхания пассажиров на параметры микроклимата в пассажирском салоне.

Обсуждение и заключение. На основе численного решения системы уравнений теплообмена сформулированы направления дальнейших исследований и рекомендации, позволяющие обеспечить тепловой комфорт в пассажирском салоне колесного транспортного средства в условиях пониженных температур. Материалы работы могут представлять интерес для специалистов, занимающихся проектированием и эргономикой колесных транспортных средств, охраной труда.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: система отопления, параметры микроклимата, тепловой комфорт, внешнее дыхание, пассажирский салон, транспортное средство

Статья поступила в редакцию 12.08.2021; одобрена после рецензирования 14.09.2021; принята к публикации 29.10.2021.

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: Алешков Д.С., Банкет М.В., Суковин М.В. Разработка имитационной модели процесса отопления в пассажирском салоне транспортного средства в условиях низких температур // Вестник СибАДИ. 2021. Т. 18, № 5(81). С. 510-523. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-5-510-523>

© Алешков Д.С., Банкет М.В., Суковин М.В., 2021



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-5-510-523>

DEVELOPMENT OF A SIMULATION MODEL OF THE HEATING PROCESS IN THE PASSENGER CABIN OF A VEHICLE UNDER LOW TEMPERATURE CONDITIONS

Denis A. Aleshkov, Mikhail V. Banket, Mikhail V. Sukovin

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

denisaleshkov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4204-7221>

mikhail_banket@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1901-8150>

sukovin_8@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3151-4341>

ABSTRACT

Introduction. A distinctive feature of working conditions in the Arctic territories is the long period of exposure to low temperatures. Passenger transportation by road is becoming one of the key aspects of ensuring the continuity of the production process. The task of delivering workers to the place of work, moving them between work zones during a work shift is solved by using wheeled vehicles of various categories. One of the most widespread types of wheeled vehicles used to transport workers is the M3 category wheeled vehicles with a capacity of no more than 22 passengers. Ensuring the thermal comfort of vehicle passengers seems to be relevant, since ensuring biophysical compatibility minimizes the risks of cold injury by workers and maintains a high level of performance.

Materials and methods. The results of the analysis of the Russian and foreign studies in the direction of ensuring thermal comfort and ensuring biophysical compatibility in confined spaces are presented. The results of computer modelling of the dynamics of microclimate parameters in the passenger cabin of a wheeled vehicle of M3 category with a capacity of no more than 22 passengers are presented.

Results. The paper presents the results of theoretical studies, microclimate parameters in the passenger compartment of vehicles, taking into account the breathing of passengers and changes in the gas composition of exhaled air. Theoretical studies of the operation of the heating system of the passenger compartment were carried out, taking into account the refined breathing model of passengers. Distributions of microclimate parameters in the section of the passenger compartment were obtained when using a heating system with one heater; the impact of passengers' breathing on the parameters of the microclimate in the passenger compartment was assessed.

Discussion and conclusion. Based on the numerical solution of the system of heat transfer equations, directions for further research and recommendations are formulated to ensure thermal comfort in the passenger compartment of a wheeled vehicle at low temperatures. The materials of the work may be of interest to specialists involved in the design and ergonomics of wheeled vehicles, labor protection.

KEYWORDS: heating system, microclimate parameters, thermal comfort, external respiration, passenger compartment, vehicle

The article was submitted 12.08.2021; approved after reviewing 14.09.2021; accepted for publication 29.10.2021.

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: Aleshkov D.A., Banket M.V., Sukovin M.V. Development of a simulation model of the heating process in the passenger cabin of a vehicle under low temperature conditions. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2021; 18 (5): 510-523. DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-5-510-523>

© Aleshkov D.A., Banket M.V., Sukovin M.V., 2021



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

ВВЕДЕНИЕ

Доставка работников к месту производства работ и обратно может достигать 2 ч, что составляет порядка 30% рабочего времени, и, соответственно, микроклимат пассажирского салона оказывает непосредственное влияние на здоровье работника и его последующую работоспособность [1, 2]. При этом в условиях вахтового режима работы, для отдельных категорий работающих, микроклимат пассажирского салона становится фактором, оказывающим свое воздействие в течение шести дней из недельного цикла. Таким образом, вопрос обеспечения теплового комфорта и оптимальных условий в пассажирском салоне колесного транспортного средства как не только инструмента профилактики холодовых травм, но и минимизации периода выработки является одним из приоритетных.

Исследования теплового комфорта человека представлены достаточно широко. Они охватывают практически все элементы техносферы [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10], а также особенности распределения параметров микроклимата при различных положениях и позах человека в пространстве, обусловленные спецификой его деятельности и конструктивными решениями ограниченных пространств [4].

Исследования [16, 17, 18] связаны с изучением работы системы терморегуляции организма человека и его реакцией на нагревающий и охлаждающий микроклимат, таких как модель терморегуляции Калифорнийского университета в Беркли (UCB) и мультисегментная модель Пирса (MS), в том числе и в салоне колесного транспортного средства [19, 20], целью которых является совершенствование методик объективной оценки субъективных ощущений, вызванных воздействием параметров производственного микроклимата. В работе [21] дано описание наиболее известных в настоящее время методов оценки теплового комфорта.

Необходимо отметить, что исследования микроклимата в замкнутых пространствах развиваются в нескольких направлениях – это экспериментальные исследования с использованием теплового манекена и повышением его адекватности [3, 12], а также экспериментальные исследования параметров микроклимата существующих систем обеспечения теплового комфорта в пассажирском салоне автомобилей [11, 12] и автобусов [11], в том числе и с использованием полноразмерной климатической камеры [20]. Результаты экс-

периментальных исследований параметров микроклимата и состава атмосферы пассажирского салона для различных моделей колесных транспортных средств в условиях жаркого климата представлены в [13]. В [14] даны результаты экспериментов по оценке работы системы обеспечения теплового комфорта с учетом создания естественной вентиляции салона в условиях высоких температур внешней среды. К экспериментальным исследованиям работы системы отопления пассажирского салона колесного транспортного средства в условиях воздействия низких температур относится работа [15], количество таких исследований существенно меньше по сравнению с исследованиями в направлении изучения воздействия высоких температур. Одна из задач, которую решают экспериментальные исследования регулирования теплового комфорта в пассажирском салоне, – это определение фактических значений начальных и граничных условий математических моделей для их дальнейшего численного решения на ЭВМ с учетом субъективного восприятия параметров микроклимата человеком [15]. Разработка систем регулирования микроклимата представлена в [8, 16, 21, 22], а оценка их эффективности по таким показателям, как потребление энергии, тепловой комфорт и качество воздуха в [9, 23, 24, 25, 26, 27].

Теоретические исследования систем регулирования микроклимата и его влияния на человека базируются на компьютерных моделях [3, 4, 6, 7, 22, 23, 27]. В работе [28] дан сравнительный анализ и оценка возможностей различных реализаций математических моделей газовой и термодинамики на ЭВМ. Повышение точности реализаций на ЭВМ термодинамических моделей обеспечивается за счет конгруэнтности 3D-моделей, использования продвинутых вычислительных алгоритмов и учета всех участников создания теплового баланса [25, 27]. Учет сил трения и аэродинамических сил в обеспечении теплового комфорта рассматривается в [26], а роль солнечной радиации и излучения панелей внутреннего интерьера салона в [12, 21, 25]. В работе [30] представлено описание основных параметров микроклимата в салоне автомобиля и факторы, присущие пассажирам. Однако автор в явном виде не указывает на такой фактор, как изменение газового состава, обусловленного в том числе дыханием пассажира, которое является составным элементом массовых уравнений термодинамики пассажирского салона колесного транспортного средства [24]. В

работе [31] представлен анализ параметров, характеризующих состояние теплового комфорта, которые могут быть смоделированы в кабинах автобусов, указывается актуальность более глубоких исследований именно пассажирского салона автобуса, соответствующая попытка была предпринята в работе [7] для колесного транспортного средства категории M_3 вместимостью не более 22 пассажиров. Необходимо отметить, что в работе [7] решение задачи термодинамики решается с использованием UDF-функции, которые широко используются в различных сферах как средство создания более реалистичных математических моделей в среде ANSYS [41, 42]. В работе [43] представлены результаты моделирования нестационарного течения воздуха как смеси, содержащей твердые частицы в крупных воздухоносных путях с использованием ANSYS.

Что касается изменения газового состава в процессе дыхания человека, проведено достаточно большое количество исследований по определению его состава в выдыхаемом воздухе, в том числе и для различных состояний здоровья человека и при различных внешних нагрузках [40]. В работе [32] дана теоретическая оценка количественного изменения газового состава в салоне колесного транспортного средства в зависимости от времени и количества пассажиров. Направление исследований внешнего дыхания человека развивается с позиций распределения химических соединений в зоне дыхания человека и их попадания в его организм или представления человека как источника загрязнения внешней среды [33, 34].

Таким образом, в настоящее время проведены исследования влияния практически всех элементов технической системы колесного транспортного средства на достижение теплового комфорта в салоне [25, 26, 35]. Дана оценка возникающих субъективных ощущений пассажиров при воздействии определенных условий микроклиматических условий [4, 20]. Изучены различные схемы регулирования микроклимата и обеспечения теплового комфорта для различных типов колесных транспортных средств [9, 15, 22]. Произведена оценка изменения параметров микроклимата во времени и различных условиях движения колесного транспортного средства [11, 20]. Установлено, что параметры микроклимата в салоне в процессе движения не носят стационарный характер, а также субъективные ощущения теплового комфорта различны при движении транспортного средства и когда оно неподвижно

но [12, 11, 12]. Однако практически все работы рассматривают обеспечение теплового комфорта в условиях нагревающего микроклимата [6, 7, 9, 12, 13, 14, 27], при этом пассажиры представляют собой пассивные рецепторы в контексте окружающей среды [33] и в явном виде не учитывается их количество. Применение компьютерного моделирования позволяет корректно решать сложные задачи газо- и теплообмена и может быть использовано для оценки совместного изменения газового состава и параметров микроклимата в пассажирском салоне. Следовательно, оценка эффективности работы системы отопления в условиях охлаждающего микроклимата в холодный период года и определение фактических значений параметров микроклимата в салоне для колесных транспортных средств категории M_3 вместимостью не более 22 пассажиров с учетом внешнего дыхания человека и влияния этого на газовый состав в салоне как составного элемента в обеспечении теплового комфорта является одним из дальнейших направлений исследований в регулировании микроклимата пассажирского салона колесного транспортного средства.

Система «пассажир–пассажирский салон транспортного средства» представляет собой сложную термодинамическую систему. В процессе дыхания пассажир транспортного средства вместе с выдыхаемым воздухом выделяет тепло в окружающее пространство, а также в процессе дыхания изменяется газовый состав атмосферы пассажирского салона. Представляет практический интерес оценка степени влияния данного механизма тепло- и газообмена на качественную картину распределения основных параметров микроклимата в пассажирском салоне.

Основной целью данного исследования являлась оценка возможности определения количественных значений параметров микроклимата в пассажирском салоне с учетом переменных граничных условий, моделирующих дыхание пассажира.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- построение расчетной схемы пассажирского салона колесного транспортного средства категории M_3 вместимостью не более 22 пассажиров;
- разработка математической модели формирования микроклимата в пассажирском салоне с учетом дыхания пассажиров с использованием UDF-функции;

- численное решение на ЭВМ и получение количественных значений параметров микроклимата и газового состава в пассажирском салоне.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрим колесное транспортное средство категории M_3 вместимостью не более 22 пассажиров (рисунок 1). Данный тип достаточно широко задействован в перевозочном процессе пассажиров на городских маршрутах и маршрутах пригородного сообщения.

Теоретическое исследование динамики производственного микроклимата, изменения количества CO_2 и водяного пара в атмосфере пассажирского салона с учетом работы системы отопления будем проводить на двухмерной модели в расчетной вертикальной плоскости, проходящей через ряд пассажирских сидений и отопитель пассажирского салона, аналогично [8].

Геометрическая модель пассажирского салона колесного транспортного средства категории M_3 вместимостью не более 22 пассажиров представлена на рисунке 1. Расчетная площадь в пассажирском салоне составила $85853,0099 \text{ см}^2$.

Расчетная схема представлена на рисунке 1.

При составлении расчетной схемы были приняты следующие допущения:

- температура стенок пассажирского салона, T_1 , постоянна;
- температура наружных покровов поверхности пассажиров, T_2 , постоянна;
- концентрация органических соединений и CO_2 в выдыхаемом воздухе 4%, концентрация паров H_2O – 6% [40] в отличие от модели, описанной в [8], где качественный состав газа не учитывался;
- температура воздуха, выдыхаемого пассажирами, постоянна;
- температура, T_k , и скорость, V_k , движения воздуха, подаваемого в салон системой отопления колесного транспортного средства категории M_3 вместимостью не более 22 пассажиров, постоянна;
- скорость, V_k , движения воздуха, подаваемого в салон системой отопления колесного транспортного средства, направлена по горизонтали;
- границы твердых тел абсолютно гладкие;
- все пассажиры находятся в положении сидя;
- асинхронность дыхания пассажиров моделировалась сдвигом дыхательного цикла во времени одного из пассажиров, еще одно допущение целью которого являлось создание более реалистичной модели по сравнению с [8];
- продолжительность вдоха равна продолжительности выдоха;

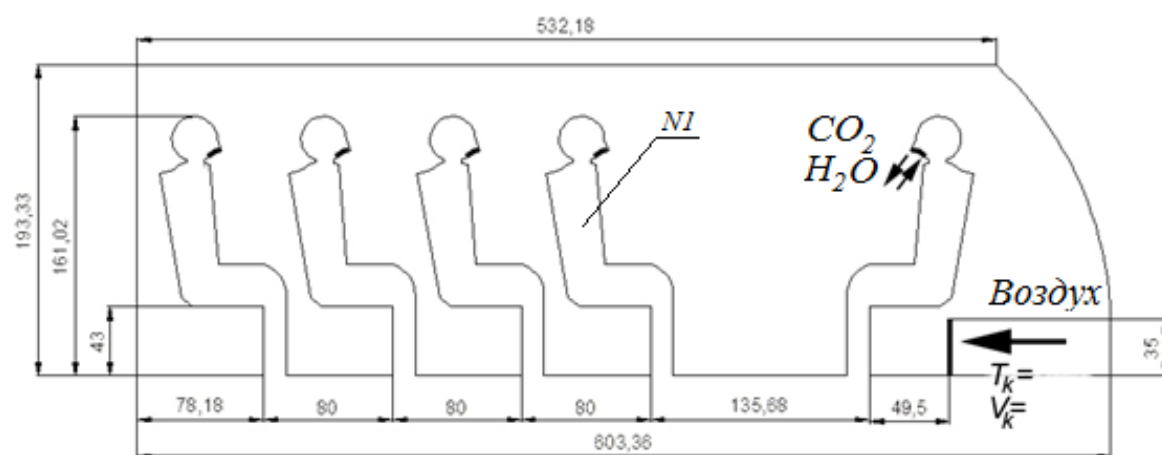


Рисунок 1 – Геометрическая модель пассажирского салона колесного транспортного средства категории M_3 вместимостью не более 22 пассажиров

Figure 1 – Geometric model of the passenger compartment of a M_3 category wheeled vehicle with a maximum capacity of 22 passengers

- процесс вдоха-выдоха описывался законом изменения скорости воздуха на вдохе и выдохе, V_2 , в зависимости от времени, t , и имеет аналогичный вид, указанный в работе [43]:

$$V_2 = a \cdot \cos(b \cdot t), \quad (1)$$

где a , b – коэффициенты пропорциональности.

В качестве граничных условий принимались следующие параметры:

- температура стенок пассажирского салона транспортного средства принималась равной $T_1=253$ К, что, согласно СП 131.13330.2012, соответствует температуре воздуха обеспеченностью 0,94 для г. Красноярска, Магадана, ряда поселений Республики Коми, а также принята с определенными допущениями для Омска и Новосибирска;

- температура наружных покровов поверхности пассажиров, основываясь на [4, 6] и с учетом [39], составляла $T_2=305$ К;

- температура выдыхаемого пассажирами воздуха равнялась 306 К;

- размеры внешней границы вдоха, выдоха пассажира имела размеры, соответствующие диаметру окружности 0,013 м, что соответствовало эквивалентной площади, через которую осуществляется вдох, выдох 0,0028 м² [34,37];

- в выходном сечении отопителя температура воздуха, T_k , принималась равной 328 К [39];

- скорость движения воздуха в выходном сечении отопителя составляла 2,88 м/с, при величине производительности отопителя 250 м³ /ч [39].

Характеристики материалов, используемых при моделировании, имели следующие значения:

- корпус салона колесного транспортного средства изготовлен из полиуретана с плотностью $\rho_1=70$ кг/м³, коэффициентом теплопроводности 0,05 В/м²К и удельной теплоемкостью $c_{p1}=1685,6$ Дж/(кг·К) [26];

- наружный покров поверхности пассажиров представляет собой материал с плотностью $\rho_2=1000$ кг/м³ [26], удельной теплоемкостью $c_{p2}=3770$ Дж/(кг·К) и коэффициентом

теплопроводности 0,21 В/м²К. Общий тепловой поток через поверхность кожи пассажира составлял 85 Вт, что соответствует рабочей позе сидя и площади поверхности тела 1,5 м², величина 69,93 В/м² и 90,9 В/м² [26]. Характеристики одежды имели значения коэффициента теплопроводности 0,04 В/м²К и удельной теплоемкости 1480 Дж/(кг·К) соответственно [26].

Расчет параметров микроклимата в рассматриваемом сечении салона транспортного средства осуществлялся в ANSYSFluent. Математическая модель учитывала обмен энергии и использовала стандартную к-ε-модель турбулентности [22, 28].

Моделирование дыхания в ANSYSFluent осуществлялось с помощью UDF-функции [29]. Процесс дыхания задавался гармонической функцией (1). Значения коэффициентов пропорциональности принимались с учетом [34, 36, 37] таким образом, чтобы максимальное значение скорости вдыхаемого, выдыхаемого воздуха находилось в диапазоне от 2,0 до 2,3 м/с [34, 37], расход газа составлял 1,368 10⁻⁵ м³/с [34], а продолжительность одного дыхательного цикла была равна 4,2 с, что соответствует частоте дыхания 14,26 мин⁻¹. Адекватность принимаемых значений коэффициентов пропорциональности и вида функции также были подтверждены результатами натурных измерений времени поднятия, опускания грудной клетки и ускорения изменения ее объема в процессе дыхания. При проведении измерений испытуемый находился в состоянии покоя в положении сидя, в условиях микроклимата, соответствующего оптимальному, согласно СанПиН 1.2.3685-21. В качестве регистратора изменений положения грудной клетки использовался аппаратно-программный комплекс Arduino и аналоговый акселерометр на базе ADXL335. Построение уравнения регрессии осуществлялось в программе Statistica. Величина коэффициента детерминации составила $R^2=0,84$ при следующих значениях уравнения (1): $a=0,325$; $b=0,506$ для значений ускорений точки измерений грудной клетки. На рисунке 2 представлена зависимость полученных экспериментальных значений от времени и значений уравнения регрессии.

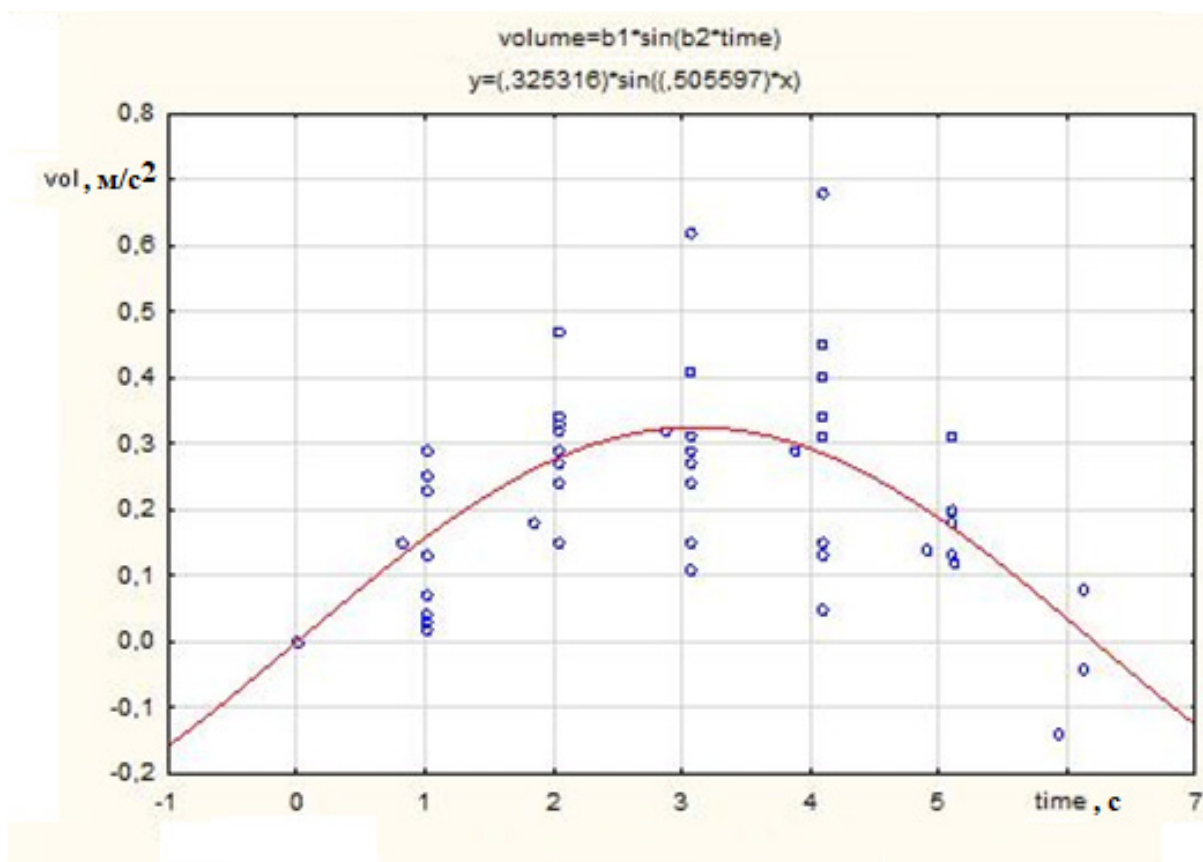


Рисунок 2 – Результаты наблюдений и значения полученного уравнения регрессии в зависимости от времени вдоха, выдоха

Figure 2 – Observational results and values of the resulting regression equation as a function of inhalation time, exhalation time

Периодичность внешнего дыхательного цикла дает хорошую сходимость с представленными ранее значениями. Соответственно, для описания скорости изменения вдыхаемой и выдыхаемой газовой смеси используем выражение [8].

Для пассажира №1 на рисунке 1 реализовано смещение дыхательного цикла относительно других пассажиров, дыхание которых синхронно. Смещение дыхательного цикла имеет вид

$$V_2 = 2 \cdot \cos(1,57 \cdot t + \pi), \quad (2)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты вычислений параметров температуры воздуха в атмосфере пассажирского салона, T , К, скорости движения воздуха по высоте, v , м/с, и длине, u , м/с, пассажирского салона, изменения полного давления, P , Па, массовых долей CO_2 и H_2O в салоне колесного транспортного средства после 100 с вычислений представлены на рисунках 3, 4, 5, 6, 7, а также изменение концентрации CO_2 и паров H_2O в зоне дыхания пассажира №1 (рисунок 8).

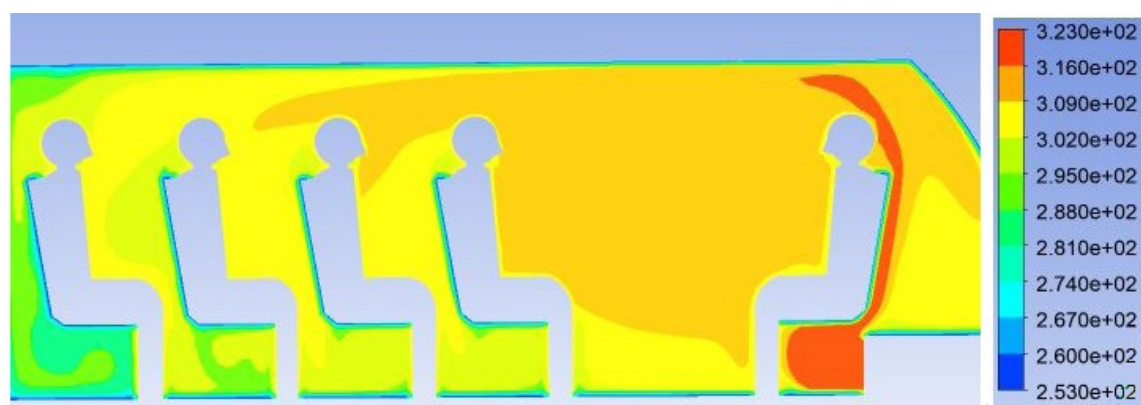


Рисунок 3 – Распределение абсолютных значений температуры воздуха, T , K, при учете изменения газового состава в выдыхаемом пассажирами воздухе в салоне колесного транспортного средства после 100 с вычислений

Figure 3 – Distribution of absolute values of air temperature, T , K, when accounting for changes in gas composition in exhaled air of passengers in the passenger compartment of a wheeled vehicle after 100s of calculations



Рисунок 4 – Распределение значений проекции вектора скорости воздуха, v , m/s, при учете изменения газового состава в выдыхаемом пассажирами воздухе в салоне колесного транспортного средства после 100 с вычислений

Figure 4 – Distribution of air velocity vector projection values, v , m/s, when accounting for changes in gas composition in exhaled air of passengers in the passenger compartment of a wheeled vehicle after 100s of calculations

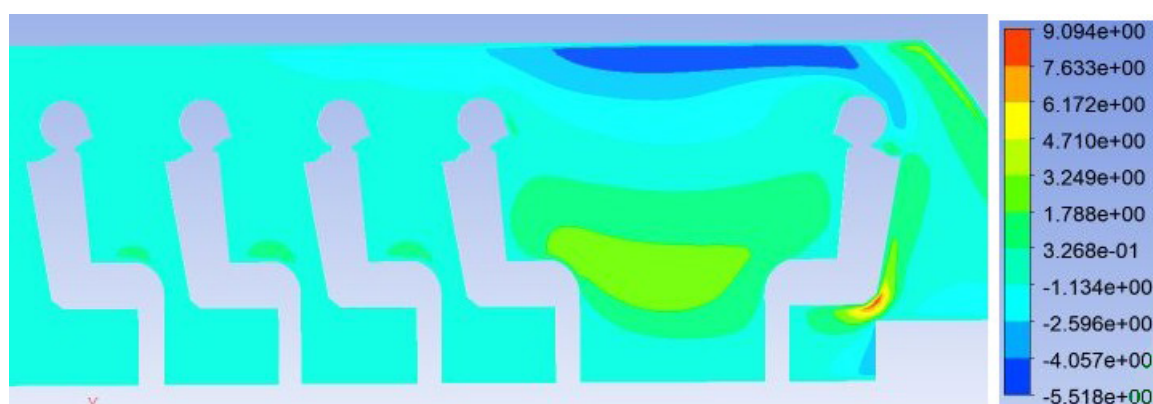


Рисунок 5 – Распределение значений проекций вектора скорости воздуха, u , m/s, при учете изменения газового состава в выдыхаемом пассажирами воздухе в салоне колесного транспортного средства после 100 с вычислений

Figure 5 – Distribution of air velocity vector projections, u , m/s, when accounting for changes in gas composition in exhaled air of passengers in the passenger compartment of a wheeled vehicle after 100s of calculations

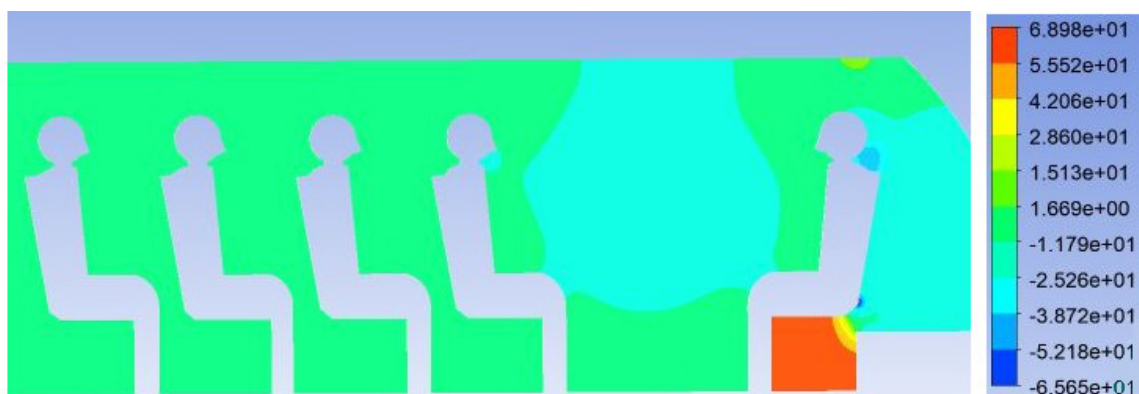


Рисунок 6 – Распределение значений давления воздуха, P , при учете изменения газового состава в выдыхаемом пассажирами воздухе в салоне колесного транспортного средства после 100 с вычислений

Figure 6 – Distribution of air pressure values, P , when accounting for changes in gas composition in exhaled air in the passenger compartment of a wheeled vehicle after 100s of calculations



а



б

Рисунок 7 – Распределение значений газов в воздухе в салоне колесного транспортного средства после 100 с вычислений: а – CO_2 , %; б – H_2O , %

Figure 7 – Distribution of gas values in the air in the passenger compartment of a wheeled vehicle after 100s of calculations: а – CO_2 , %; б – H_2O , %

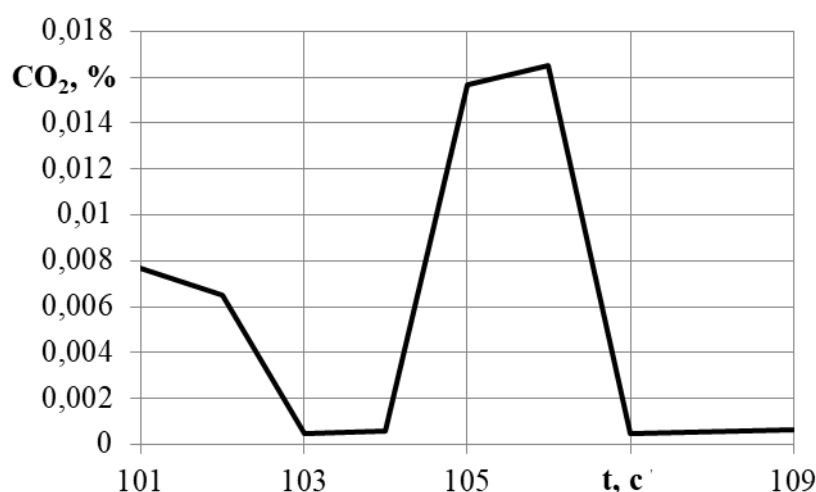


Рисунок 8 – Распределение значений CO_2 в зоне дыхания пассажира №1 в зависимости от времени

Figure 8 – Distribution of CO_2 values in the breathing zone of passenger 1 as a function of time

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- максимальная массовая доля CO_2 приходится на заключительную фазу выдоха, при этом она наблюдается в нижней части пассажирского салона;
- сокращение расстояния между пассажирскими сиденьями ухудшает процесс распределения продуктов дыхания по пассажирскому салону, создавая их высокие концентрации;
- в зоне дыхания первых трех пассажиров по ходу движения колесного транспортного средства наблюдаются повышенные концентрации CO_2 по сравнению с пассажирами в дальней части салона;
- избыточное давление для представленной в расчетной модели системы отопления соответствует требованиям ГОСТ Р 53828–2010, ГОСТ 8802–78.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Система регулирования микроклимата в пассажирском салоне колесного транспортного средства категории M_3 вместимостью не более 22 пассажиров должна обеспечивать постоянное поступление воздуха. Исключение воздухообмена с внешней средой в пассажирском салоне приведет к быстрому росту массовой доли продуктов дыхания и негативному влиянию на состояние здоровья пассажиров, а также негативным субъективным ощущениям восприятия макроклимата пассажирского

салона, особенно в условиях низких температур. Действительный характер распределения продуктов дыхания по объему пассажирского салона представляется возможным оценить только на пространственной модели пассажирского салона колесного транспортного средства категории M_3 вместимостью не более 22 пассажиров. Представляет интерес оценка возможности рекуперации атмосферы пассажирского салона в системе его отопления, что возможно при получении результатов расчета нескольких дыхательных циклов. Установлена необходимость учета субъективных особенностей внешнего дыхания пассажиров как во времени, так и по объему, а также оценка возможности создания специальных систем отопления и вентиляции пассажирского салона в зависимости от субъективных особенностей состава выдыхаемого воздуха.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берестнева О.Г., Жаркова О.С., Шевелев Г.Е., Уразаев А.М. Методика анализа адаптационных процессов при вахтовом режиме труда рабочих-нефтяников // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 4. 212 с.
2. Cui, Weilin & Cao, Guoqiang & Park, Jung & Ouyang, Qin & Zhu, Yingxin. (2013). Influence of indoor air temperature on human thermal comfort, motivation and performance. Building and Environment. 68. 114-122. 10.1016/j.buildenv.2013.06.012.
3. Croitoru, C., et al. Numerical and experimental modeling of airflow and heat transfer of a human body. in Roomvent 2011. 2011. Trondheim, Norway

4. Aliahmadipour, Mohammad & Abdolzadeh, Morteza & Lari, Khosro. (2017). Air flow simulation of HVAC system in compartment of a passenger coach. *Applied Thermal Engineering*. 123. 10.1016/j.applthermaleng.2017.05.086.
5. Bosbach, Johannes & Lange, Sven & Dehne, Tobias & Lauenroth, Gerrit & Hesselbach, Florian & Allzeit, Michael. (2013). Alternative Ventilation Concepts for Aircraft Cabins. *CEAS Aeronautical Journal*. 4. 301–313. 10.1007/s13272-013-0074-z..
6. Canbolat, Ahmet & Türkan, Burak & Etemoglu, A. & Can, M.. (2016). Numerical investigation into thermal comfort conditions in a midibus. *The Journal of MacroTrends in Applied Science*. 4. 13–23
7. Ivanescu, M.; Neacsu, C. A.; Tabacu, I. Studies of the Thermal Comfort Inside of the Passenger Compartment Using the Numerical Simulation. In: *International Congress Motor Vehicles & Motors 2010*, Kragujevac, Out. 7–9. 2010
8. Aleshkov, Denis & Banket, Mikhail & Sukovin, Mikhail & Pogulyaeva, Irina & Yanchij, Svetlana. (2020). Theoretical studies of the heating system in the vehicle compartment during passenger transportation taking into account breathing under conditions of low temperatures. *Journal of Applied Engineering Science*. 18. 346–354. 10.5937/jaes18-27264.
9. Mao, Yiyi & Wang, Ji & Li, Jun-Ming. (2018). Experimental and numerical study of air flow and temperature variations in an electric vehicle cabin during cooling and heating. *Applied Thermal Engineering*. 137. 10.1016/j.applthermaleng.2018.03.099.
10. Zhang, Huajun & Dai, Lan & Xu, Guoquan & Li, Yong & Chen, Wei & Tao, Wen-Quan. (2009). Studies of air-flow and temperature fields inside a passenger compartment for improving thermal comfort and saving energy. Part I: Test/numerical model and validation. *Applied Thermal Engineering*. 29. 2022–2027. 0.1016/j.applthermaleng.2008.10.005.
11. Ünal, Şaban. (2017). An Experimental Study on a Bus Air Conditioner to Determine its Conformity to Design and Comfort Conditions. *Journal of Thermal Engineering*. 3. 1089–1101. 10.18186/thermal.277288.
12. Zhou, Xiaojie & Lai, Dayi & Chen, Qingyan. (2018). Experimental investigation of thermal comfort in a passenger car under driving conditions. *Building and Environment*. 149. 10.1016/j.buildenv.2018.12.022.
13. Paul Alexandru, Danca & Nastase, Ilinca & Bode, Florin & Croitoru, Cristiana & Angel, Dogeanu & Meslem, Amina. (2019). Evaluation of the thermal comfort for its occupants inside a vehicle during summer. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 595. 012027. 10.1088/1757-899X/595/1/012027.
14. Khaiwal, Ravindra & Agarwal, Neha & Mor, Suman. (2020). Assessment of thermal comfort parameters in various car models and mitigation strategies for extreme heat-health risks in the tropical climate. *Journal of Environmental Management*. 267. 110655. 10.1016/j.jenvman.2020.110655.
15. He, Yansong & Yang, Jie & Ling, Jing & Du, Yafei & Zhang, Zhifei. (2020). Predictive modeling for overall thermal sensation of vehicle occupants based on local thermal sensation when warming up. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*. 095440702090256. 10.1177/0954407020902564.
16. Lange, Pascal & Schmeling, Daniel & Hoermann, Hans & Volkmann, André. (2019). Comparison of local equivalent temperatures and subjective thermal comfort ratings with regard to passenger comfort in a train compartment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 609. 032042. 10.1088/1757-899X/609/3/032042.
17. Foda, Ehab & Almesri, Issa & Awbi, H.B & Sirén, Kai. (2011). Models of human thermoregulation and the prediction of local and overall thermal sensations. *Building and Environment*. 46. 2023–2032. 10.1016/j.buildenv.2011.04.010.
18. A model of human physiology and comfort for assessing complex thermal environments Charlie Huizenga Zhang Hui, Edward Arens *Building and Environment* 36 (2001) 691–699
19. Foda E, Sirén K (2011) A new approach using the pierce two-node model for different body parts. *Int J Biometeorol* 55:519–532.
20. Alahmer, Ali & Abdelhamid, Mahmoud & Omar, Mohammed. (2012). Design for thermal sensation and comfort states in vehicles cabins. *Applied Thermal Engineering*. 36. 126–140. 10.1016/j.applthermaleng.2011.11.056.
21. Paul Alexandru, Danca & Vartires, Andreea & Angel, Dogeanu. (2016). An Overview of Current Methods for Thermal Comfort Assessment in Vehicle Cabin. *Energy Procedia*. 85. 162–169. 10.1016/j.egypro.2015.12.322.
22. Yang, C.-J.; Yang, T.-C.; Chen, P.-T.; Huang, K.D. An Innovative Design of Regional Air Conditioning to Increase Automobile Cabin Energy Efficiency. *Energies* 2019, 12, 2352.
23. Croitoru C., Nastase I., Bode F., Meslem A., Dogeanu A., Thermal comfort models for indoor spaces and vehicles—Current capabilities and future perspectives, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44 (2015) 304–318.
24. Paul Alexandru, Danca & Bode, Florin & Nastase, Ilinca & Meslem, Amina. (2018). CFD simulation of a cabin thermal environment with and without human body – thermal comfort evaluation. *E3S Web of Conferences*. 32. 01018. 10.1051/e3sconf/20183201018.
25. Kristanto, D.; Leephakpreeda, T. Sensitivity analysis of energy conversion for effective energy consumption, thermal comfort, and air quality within car cabin. *Energy Procedia* 2017, 138, 552–557.
26. Khatoon, Saboor & Kim, Man Hoe. (2020). Thermal Comfort in the Passenger Compartment Using a 3-D Numerical Analysis and Comparison with Fanger's Comfort Models. *Energies*. 13. 690. 10.3390/en13030690.
27. Garrett J. Marshall, Colin P. Mahony, Matthew J. Rhodes, Steve R. Daniewicz, Scott M. Thompson *Thermal Management of Vehicle Cabins, External Surfaces, and Onboard Electronics: An Overview Engineering Volume 5, Issue 5 October 2019 Pages 954–969*
28. Chen, Q. Comparison of different k-ε models for indoor air flow computations. *Numer. Heat Transf. Part B Fundam.* 1995, 28, 353–369.

29. ANSYS/FLUENT User's Manual, Release Version 14.5, 2012, Ansys Inc. Available online: <https://www.ansys.com> (accessed on 16 April 2019).

30. Simion, M.; Socaciu, L.; Unguresan, P. Factors which influence the thermal comfort inside of vehicles. *Energy Procedia* 2016, 85, 472–480. Mao, Y.; Wang, J.; Li, J. Experimental and numerical study of air flow and temperature variations in an electric vehicle cabin during cooling and heating. *Appl. Therm. Eng.* 2018, 137, 356–367.

31. Almeida, Matheus & Paula Xavier, Antonio & Michaloski, Ariel & Luiz Soares, André. (2020). Thermal Comfort in Bus Cabins: A Review of Parameters and Numerical Investigation. 10.1007/978-3-030-41486-3_54.

32. H. Jung. Modeling CO2 Concentrations in Vehicle Cabin. *SAEInt.pp.* 1–6. 2013.

33. Bivolarova, Mariya & Kierat, Wojciech & Zavrl, Eva & Zbigniew, Popiolek & Melikov, Arsen. (2017). Effect of airflow interaction in the breathing zone on exposure to bio-effluents. *Building and Environment*. 125. 10.1016/j.buildenv.2017.08.043.

34. Vianello, Alvise & Jensen, Rasmus & Liu, Li & Vollertsen, Jes. (2019). Simulating human exposure to indoor airborne microplastics using a Breathing Thermal Manikin. *Scientific Reports*. 9. 8670. 10.1038/s41598-019-45054-w.

35. Garrett J. Marshall Colin P. Mahony Matthew J. Rhodes Steve R. Daniewicz Nicholas Tsolas Scott M. Thompson (2019) Thermal Management of Vehicle Cabins, External Surfaces, and Onboard Electronics: An Overview. *Engineering*. Volume 5, Issue 5, October 2019, Pages 954-969

36. Трусов П.В., Зайцева Н.В., Цинкер М.Ю., Бабушкина А.В. Моделирование течения запыленного воздуха в респираторном тракте // Российский журнал биомеханики. 2018. Т. 22. № 3. С. 301–314.

37. Rim, Donghyun & Novoselac, Atila. (2009). Transport of particulate and gaseous pollutants in the vicinity of a human body. *Building and Environment*. 44. 1840-1849. 10.1016/j.buildenv.2008.12.009.

38. Потехина Ю.П., Голованова М.В. Причины изменения локальной температуры тела // Медицинский альманах. 2010. № 2 (11). С. 297–298.

39. Бендерский Б.Я., Петров Р.А. Исследование пространственных процессов отопления салона автомобиля // Грузовик. 2017. № 6. С. 3–8.

40. Никифорова О.Ю., Пономарев Ю.Н., Карапузиков А.И. Учет влажности пробы выдыхаемого воздуха при детектировании газов-биомаркеров // Оптика атмосферы и океана, 2013. №4(26). С.336–341.

41. Федорова Э.Р. CFD-моделирование сгустителя красных шлангов // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. №12(54). С.194–200.

42. Купцов А.И. Экологический мониторинг. CFD-технологии. UDF-функции // Вестник технологического университета. 2015. №20(18). С.203–206.

43. Трусов П.В., Зайцева Н.В., Цинкер М.Ю., Бабушкина А.В. Моделирование течения запыленного воздуха в респираторном тракте // Российский журнал биомеханики. №3(22). 2015. С.301–314.

REFERENCES

1. Berestneva O.G., Zharkova O.S., Shevelev G.E., Urazaev A.M. Metodika analiza adaptacionnyh processov pri vahtovom rezhime truda rabochih-neftjanikov [Methodology of the analysis of adaptation processes in the shift mode of work of oil workers] *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2015, 4: 212. (in Russian)

2. Cui, Weilin & Cao, Guoguang & Park, Jung & Ouyang, Qin & Zhu, Yingxin. (2013). Influence of indoor air temperature on human thermal comfort, motivation and performance. *Building and Environment*. 68. 114-122. 10.1016/j.buildenv.2013.06.012.

3. Croitoru, C., et al. Numerical and experimental modeling of airflow and heat transfer of a human body. in *Roomvent 2011*. 2011. Trondheim, Norway

4. Aliahmadipour, Mohammad & Abdolzehdeh, Morteza & Lari, Khosro. (2017). Air flow simulation of HVAC system in compartment of a passenger coach. *Applied Thermal Engineering*. 123. 10.1016/j.applthermaleng.2017.05.086.

5. Bosbach, Johannes & Lange, Sven & Dehne, Tobias & Lauenroth, Gerrit & Hesselbach, Florian & Allzeit, Michael. (2013). Alternative Ventilation Concepts for Aircraft Cabins. *CEAS Aeronautical Journal*. 4. 301–313. 10.1007/s13272-013-0074-z.

6. Canbolat, Ahmet & Türkan, Burak & Etemoglu, A. & Can, M.. (2016). Numerical investigation into thermal comfort conditions in a midibus. *The Journal of Macro-Trends in Applied Science*. 4. 13-23

7. Ivanescu, M.; Neacsu, C. A.; Tabacu, I. Studies of the Thermal Comfort Inside of the Passenger Compartment Using the Numerical Simulation. In: *International Congress Motor Vehicles & Motors 2010*, Kragujevac, Out. 7-9. 2010

8. Aleshkov, Denis & Banket, Mikhail & Sukovin, Mikhail & Pogulyaeva, Irina & Yanchij, Svetlana. (2020). Theoretical studies of the heating system in the vehicle compartment during passenger transportation taking into account breathing under conditions of low temperatures. *Journal of Applied Engineering Science*. 18. 346-354. 10.5937/jaes18-27264.

9. Mao, Yiyi & Wang, Ji & Li, Jun-Ming. (2018). Experimental and numerical study of air flow and temperature variations in an electric vehicle cabin during cooling and heating. *Applied Thermal Engineering*. 137. 10.1016/j.applthermaleng.2018.03.099.

10. Zhang, Huajun & Dai, Lan & Xu, Guoquan & Li, Yong & Chen, Wei & Tao, Wen-Quan. (2009). Studies of air-flow and temperature fields inside a passenger compartment for improving thermal comfort and saving energy. Part I: Test/numerical model and validation. *Applied Thermal Engineering*. 29. 2022-2027. 0.1016/j.applthermaleng.2008.10.005.

11. Ünal, Şaban. (2017). An Experimental Study on a Bus Air Conditioner to Determine its Conformity to Design and Comfort Conditions. *Journal of Thermal Engineering*. 3. 1089-1101. 10.18186/thermal.277288.

12. Zhou, Xiaojie & Lai, Dayi & Chen, Qingyan. (2018). Experimental investigation of thermal comfort in a passenger car under driving conditions. *Building and Environment*. 149. 10.1016/j.buildenv.2018.12.022.

13. Paul Alexandru, Danca&Nastase, Ilinca&Bode, Florin & Croitoru, Cristiana & Angel, Dogeanu&Meslem, Amina. (2019). Evaluation of the thermal comfort for its occupants inside a vehicle during summer. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 595. 012027. 10.1088/1757-899X/595/1/012027.
14. Khaiwal, Ravindra& Agarwal, Neha & Mor, Surman. (2020). Assessment of thermal comfort parameters in various car models and mitigation strategies for extreme heat-health risks in the tropical climate. Journal of Environmental Management. 267. 110655. 10.1016/j.jenvman.2020.110655.
15. He, Yansong& Yang, Jie& Ling, Jing& Du, Ya-fei& Zhang, Zhifei. (2020). Predictive modeling for overall thermal sensation of vehicle occupants based on local thermal sensation when warming up. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering. 095440702090256. 10.1177/0954407020902564.
16. Lange, Pascal & Schmeling, Daniel & Hoermann, Hans & Volkmann, André. (2019). Comparison of local equivalent temperatures and subjective thermal comfort ratings with regard to passenger comfort in a train compartment. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 609. 032042. 10.1088/1757-899X/609/3/032042.
17. Foda, Ehab&Almesri, Issa&Awbi, H.B & Sirén, Kai. (2011). Models of human thermoregulation and the prediction of local and overall thermal sensations. Building and Environment. 46. 2023-2032. 10.1016/j.buildenv.2011.04.010.
18. A model of human physiology and comfort for assessing complex thermal environments Charlie Huizenga Zhang Hui, Edward Arens Building and Environment 36 (2001) 691–699
19. Foda E, Sirén K (2011) A new approach using the pierce two-node model for different body parts. Int J Biometeorol 55:519–532.
20. Alahmer, Ali & Abdelhamid, Mahmoud & Omar, Mohammed. (2012). Design for thermal sensation and comfort states in vehicles cabins. Applied Thermal Engineering. 36. 126–140. 10.1016/j.applthermaleng.2011.11.056.
21. Paul Alexandru, Danca&Vartires, Andreea& Angel, Dogeanu. (2016). An Overview of Current Methods for Thermal Comfort Assessment in Vehicle Cabin. Energy Procedia. 85. 162-169. 10.1016/j.egypro.2015.12.322.
22. Yang, C.-J.; Yang, T.-C.; Chen, P.-T.; Huang, K.D. An Innovative Design of Regional Air Conditioning to Increase Automobile Cabin Energy Efficiency. Energies 2019, 12, 2352.
23. Croitoru C., Nastase I., Bode F., Meslem A., Dogeanu A., Thermal comfort models for indoor spaces and vehicles—Current capabilities and future perspectives, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 44 (2015) 304-318.
24. Paul Alexandru, Danca& Bode, Florin & Nastase, Ilinca&Meslem, Amina. (2018). CFD simulation of a cabin thermal environment with and without human body – thermal comfort evaluation. E3S Web of Conferences. 32. 01018. 10.1051/e3sconf/20183201018.
25. Kristanto, D.; Leephakpreeda, T. Sensitivity analysis of energy conversion for effective energy consumption, thermal comfort, and air quality within car cabin. Energy Procedia 2017, 138, 552–557.
26. Khatoon, Saboor& Kim, Man Hoe. (2020). Thermal Comfort in the Passenger Compartment Using a 3-D Numerical Analysis and Comparison with Fanger's Comfort Models. Energies. 13. 690. 10.3390/en13030690.
27. Garrett J. Marshall, Colin P. Mahony, Matthew J. Rhodes, Steve R. Daniewicz, Scott M. Thompson Thermal Management of Vehicle Cabins, External Surfaces, and Onboard Electronics: An Overview Engineering Volume 5, Issue 5 October 2019 Pages 954-969
28. Chen, Q. Comparison of different k-ε models for indoor air flow computations. Numer. Heat Transf. Part B Fundam. 1995, 28, 353–369.
29. ANSYS/FLUENT User's Manual, Release Version 14.5, 2012, Ansys Inc. Available online: <https://www.ansys.com> (accessed on 16 April 2019).
30. Simion, M.; Socaciu, L.; Unguresan, P. Factors which influence the thermal comfort inside of vehicles. Energy Procedia 2016, 85, 472–480. Mao, Y.; Wang, J.; Li, J. Experimental and numerical study of air flow and temperature variations in an electric vehicle cabin during cooling and heating. Appl. Therm. Eng. 2018, 137, 356–367.
31. Almeida, Matheus & Paula Xavier, Antonio & Michaloski, Ariel & Luiz Soares, André. (2020). Thermal Comfort in Bus Cabins: A Review of Parameters and Numerical Investigation. 10.1007/978-3-030-41486-3_54.
32. H. Jung. Modeling CO2 Concentrations in Vehicle Cabin. SAE Int. pp. 1–6. 2013.
33. Bivolarova, Mariya&Kierat, Wojciech&Zavrl, Eva & Zbigniew, Popiolek&Melikov, Arsen. (2017). Effect of airflow interaction in the breathing zone on exposure to bio-effluents. Building and Environment. 125. 10.1016/j.buildenv.2017.08.043.
34. Vianello, Alvise& Jensen, Rasmus& Liu, Li & Vollertsen, Jes. (2019). Simulating human exposure to indoor airborne microplastics using a Breathing Thermal Manikin. Scientific Reports. 9. 8670. 10.1038/s41598-019-45054-w.
35. Garrett J. Marshall Colin P. Mahony Matthew J. Rhodes Steve R. Daniewicz Nicholas Tsolas Scott M. Thompson (2019) Thermal Management of Vehicle Cabins, External Surfaces, and Onboard Electronics: An Overview. Engineering. Volume 5, Issue 5, October 2019, Pages 954-969
36. Trusov P.V., Zajceva N.V., Cinker M. Ju., Babushkina A.V. Modelirovanie techeniya zapylenogo vozduha v respiratornom trakte [Modeling of the flow of dusty air in the respiratory tract] *Rossiiskij zhurnal biomehaniki*. 2018, T. 22, no 3, pp. 301-314.
37. Rim, Donghyun&Novoselac, Atila. (2009). Transport of particulate and gaseous pollutants in the vicinity of a human body. Building and Environment. 44. 1840-1849. 10.1016/j.buildenv.2008.12.009.
38. Potehina Ju.P., Golovanova M.V. Prichiny izmenenija lokal'noj temperatury tela [Causes of changes in local body temperature] // *Meditsinskij al'manah* 2010, 2 (11): 297-298 (in Russian)

39. Benderskij B.Ja., Petrov R.A. Issledovanie prostranstvennyh processov otopenija salona avtobusa [Investigation of spatial processes of bus interior heating] // *Gruzovik*. 2017, 6: 3-8. . (in Russian)

40. Nikiforova O.Ju., Ponomarev Ju.N., Karapuzikov A.I. Uchet vlazhnosti proby vydyhaemogo vozduha pri detektirovanii gazov-biomarkerov [Accounting for the humidity of the exhaled air sample when detecting biomarker gases] // «*Optika atmosfery i okeana*», 2013, 26(4): 336-341. (in Russian)

41. Fedorova Je.R. CFD Modelirovanie sgustitelja krasnyh shlamov [CFD modeling of a red sludge thickener] «*Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*», 2016 12 (54):194-200. . (in Russian)

42. Kupcov A. I.Jekologicheskij monitoring. CFD-tehnologii. UDF-funkcii// «*Vestnik tehnologicheskogo universiteta*», 2015, 18(20): 203-206. (in Russian)

43. Trusov P.V., Zajceva N.V., Cinker M.Ju., Babushkina A.V. Modelirovanie techenija zapylennogo vozduha v respiratornom trakte [Modeling of the flow of dusty air in the respiratory tract] «*Rossijskij zhurnal biomehaniki*», 2015. 22(3): 301-314. . (in Russian)

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Алешков Д.С. Формулировка направления и темы исследования. Концептуализация, формулирование и исследование научной гипотезы. Формулирование проблемы исследований. Выбор методологии и методов исследования (33,3%).

Банкет М.В. Обзор результатов предшествующих исследований. Постановка задач исследования. Обозначение алгоритма аналитических исследований. Формулировка результатов и выводов (33,3%).

Суковин М.В. Проверка теоретических предположений, аналитика результатов исследования, редактирование, формирование выводов. Валидация данных, рецензирование результатов, корреспонденция данных с иностранными авторами (33,3%).

COAUTHORS' CONTRIBUTION

Denis A. Aleshkov, formulation of research direction and topic. Conceptualization, formulation and research of scientific hypothesis. Formulation of research problem. Selection of research methodology and methods (33.3 per cent).

Mikhail V. Banket, review of the results of previous studies. Setting of research objectives. Characterization of the algorithm of analytical studies. Formulation of results and conclusions (33.3%).

Mikhail V. Sukovin, testing of theoretical assumptions, analyst of research results, editing, forming conclusions. Validation of data, review of results, correspondence of data with foreign authors (33.3%).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Алешков Денис Сергеевич – канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Техносферная и экологическая безопасность».

Банкет Михаил Викторович – канд. техн. наук, доц., декан факультета «Автомобильный транспорт» .

Суковин Михаил Владимирович – канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Техносферная и экологическая безопасность» .

AUTHOR INFORMATION

Denis A. Aleshkov, Cand, of Sci., Associate Professor of the Technical and Environmental Safety Department .

Mikhail V. Banket, Cand, of Sci., Associate Professor, Dean of the Automobile Transport Faculty .

Mikhail V. Sukovin, nd, of Sci., Associate Professor of the Technical and Environmental Safety Department.