

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2019

Лексин А.Г., Минеева Н.И., Моргунов А.В., Тимошенкова Е.В., Грибов А.В., Демин В.Н.,
Хлебников В.Г., Васкина М.Ю.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО КОМФОРТА ПРОЕЗДА ПАССАЖИРОВ В САЛОНАХ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожной гигиены» Роспотребнадзора, 125438, Москва

Введение. В настоящее время для обеспечения нормируемых параметров микроклимата в пассажирских салонах электропоездов устанавливаются современные системы кондиционирования воздуха с функцией климат-контроль. Однако в практике эксплуатации электропоездов периодически возникали жалобы пассажиров, недовольных «комфортом» своего проезда. Поэтому целью работы стало определение причины возникновения жалоб пассажиров, недовольных тепловым комфортом в вагонах электропоездов, оснащенных современными системами кондиционирования воздуха.

Материал и методы. Были проведены практические и теоретические исследования по оценке параметров микроклимата в салонах электропоездов и параметров комфорта проезда пассажиров. Исследовательская работа проводилась в два этапа. Первым этапом стали измерения параметров микроклимата на пассажирских местах салонов электропоездов в процессе их реальной эксплуатации. Последующий анализ полученных результатов свидетельствовал о том, что средние значения исследуемых параметров микроклимата соответствуют нормативным значениям. На втором этапе использовали расчётный метод определения теплового комфорта или дискомфорта Фангера для анализа оценки пассажирами различных микроклиматических ситуаций в вагонах электропоездов в локальных зонах и в салонах вагонов в целом. Используя метод Фангера, по результатам теоретических расчётов была построена диаграмма, на которой представлены кривые теплоощущения пассажиров при различных сочетаниях температуры и подвижности воздуха.

Результаты. По измеренным в эксплуатации параметрам микроклимата в салонах на местах размещения пассажиров были проведены расчёты индексов PMV. На основании полученных результатов на диаграмму нанесена область комфортных теплоощущений пассажиров для каждого салона, где были зафиксированы жалобы. Анализ места расположения построенной области комфортных теплоощущений пассажиров относительно нейтральной зоны диаграммы для каждого пассажирского салона позволил объяснить причину возникновения жалоб и выявить процент недовольных пассажиров.

Заключение. Применение расчётных показателей PMV и PPD целесообразно ввести в практику эксплуатационных испытаний для повышения уровня комфортности проезда пассажиров железнодорожным транспортом.

Ключевые слова: расчётный метод Фангера; показатели PMV и PPD; микроклимат вагонов электропоездов; температурный комфорт; особые требования к микроклимату; жалобы пассажиров; система кондиционирования воздуха.

Для цитирования: Лексин А.Г., Минеева Н.И., Моргунов А.В., Тимошенкова Е.В., Грибов А.В., Демин В.Н., Хлебников В.Г., Васкина М.Ю. Прогнозирование теплового комфорта проезда пассажиров в салонах электропоездов. Теория и практика. Гигиена и санитария. 2019; 98(5): 489-493. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-5-489-493>

Для корреспонденции: Тимошенкова Екатерина Викторовна, кандидат техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории испытаний новой техники (ЛИНТ) ФГУП «ВНИИ ЖГ» Роспотребнадзора, 125438, Москва. E-mail: lint7@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 27.03.2018
Принята к печати 24.04.2018
Опубликована 06.2019

Leksin A.G., Mineeva N.I., Morgunov A.V., Timoshenkova E.V., Gribov A.V., Demin V.N.,
Khlebnikov V.G., Vaskina M.Yu.

FORECASTING THE HEAT COMFORT OF PASSENGERS IN THE ELECTRIC TRAIN SHOPS. THEORY AND PRACTICE

All-Russian Research Institute of Railway Hygiene, 125438 Moscow, Russian Federation

Introduction. The purpose of the presented work was to determine the cause of complaints of passengers dissatisfied with the thermal comfort in electric trains equipped with modern air conditioning systems. In order, this work to be done both practical and theoretical research was carried out in two stages. This work includes the estimation of microclimate parameters in cars and passengers thermal comfort parameters.

Material and methods. At the first stage, direct measurements of microclimate on passenger seats were conducted while the train was in operation. Subsequent analysis of the obtained figures indicates the average values of the studied parameters to correspond to their normative values. At the second stage, Fanger calculation method of determining passenger comfort or discomfort was used to analyze passengers' assessment of various microclimatic situations in electric trains, both in local areas and in the salons of cars as a whole. Using the Fanger method, based on the results of theoretical calculations, a diagram was constructed. It contains curves showing the warmth index of passengers under different combinations of air temperature and velocity.

Results. PMV indices were calculated by using the first stage measurements. Afterward, passengers heating comfort area was drawn on the diagram. It was made for each car and the passengers' complaints were taken into consideration.

Conclusion. *The diagram analysis of passengers heating comfort area location relatively to zero point shows the percentage of dissatisfied passengers and it helps to explain the reason it occurs.*

Key words: *Fanger calculation method; PMV and PPD indices; microclimate; thermal comfort in electric trains; special requirements to the microclimate; passenger complaints; air conditioning system.*

For citation: Leksin A.G., Mineeva N.I., Morgunov A.V., Timoshenkova E.V., Gribov A.V., Demin V.N., Khlebnikov V.G., Vaskina M.Yu. Forecasting the heat comfort of passengers in the electric train shops. Theory and practice. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(5): 489-493. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-5-489-493>

For correspondence: Ekaterina V. Timoshenkova, MD, Ph.D., senior researcher of the Laboratory Testing New Technique (LINT) of the Institute of Railway Hygiene TEST CENTER, 125438, Moscow, Russian Federation. E-mail: lint7@mail.ru

Information about authors:

Leksin A.G., <http://orcid.org/0000-0001-7044-3550>; Mineeva N.I., <http://orcid.org/0000-0001-6749-9289>; Morgunov A.V., <http://orcid.org/0000-0001-5605-599X>; Timoshenkova E.V., <http://orcid.org/0000-0001-8338-8896>; Gribov A.V. <http://orcid.org/0000-0002-5660-7309>; Demin V.N., <http://orcid.org/0000-0002-5770-5840>; Hlebnikov V.G., <http://orcid.org/0000-0002-2081-8761>; Vaskina M.Y., <http://orcid.org/0000-0003-2831-5031>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received: 27 March 2018

Accepted: 24 April 2018

Published 06.2019

Введение

В настоящее время для обеспечения нормируемых параметров микроклимата в пассажирских салонах электропоездов устанавливают современные системы кондиционирования воздуха (СКВ), которые должны выполнять не только функции отопления, охлаждения и вентиляции, но и смогут обеспечить регулирование и автоматическое поддержание заданных параметров (функция климат-контроль) [1].

На основании Санитарных правил¹ и ГОСТ², учитывая современные нормативные требования в кабинах и салонах электропоездов, активно развиваются и внедряются в состав СКВ новейшие системы регулирования и поддержания целого комплекса параметров микроклимата [2].

Для летнего режима эксплуатации, согласно санитарным нормам, температура воздуха в салоне должна поддерживаться в зависимости от температуры наружного воздуха, а подвижность воздуха в салоне не должна превышать 0,4 м/с [3, 4]. Все эти требования в полной мере были учтены в конструкции и внесены производителями в программное обеспечение установленных СКВ, что подтверждено на этапе испытаний опытных образцов электропоездов [5].

Однако в практике эксплуатации электропоездов периодически возникали жалобы пассажиров, недовольных «комфортом» своего проезда.

Материал и методы

Для решения этой проблемы специалистами ФГУП ВНИИЖГ Роспотребнадзора были проведены как практические, так и теоретические исследования по оценке параметров микроклимата в салонах электропоездов и параметров комфорта проезда пассажиров. Работа проводилась в два этапа.

На первом этапе исследовательских работ были проведены измерения параметров микроклимата на пассажирских местах салонов электропоездов в процессе их реальной эксплуатации с последующим анализом полученных результатов. Испытания проводились в течение месяца в 30 салонах вагонов электропоездов с пассажирами, при

температурах наружного воздуха 19–21,3 °С в летнем режиме работы СКВ.

По стандартизированной методике³ за период исследований было проведено более 40 000 измерений параметров микроклимата (температура в салоне, относительная влажность, подвижность воздуха, концентрация углекислого газа) на местах размещения пассажиров в начале, в середине и в конце салона (1, 2 и 3 пояс соответственно). В ходе проведения исследований фиксировали жалобы пассажиров, находящихся в разных вагонах.

При обработке полученных результатов в каждом салоне, где были зафиксированы жалобы, для каждого измеренного параметра микроклимата рассчитывали его среднее значение за весь период испытаний в каждом поясе салона. Средние значения параметров микроклимата в салонах с наибольшим количеством жалоб от пассажиров представлены в таблице.

Полученные данные (см. таблицу) свидетельствуют о том, что средние значения исследуемых параметров микроклимата во всех салонах соответствовали нормативным значениям, исключение составил только салон № 4, где средняя температура воздуха в салоне была ниже нормативного значения всего на 0,5 °С.

Несмотря на положительную оценку параметров микроклимата по их средним значениям, периодически фиксировались жалобы от пассажиров.

Для выявления наиболее объективных причин возникновения жалоб, поступающих от пассажиров, специалистами ФГУП ВНИИЖГ был проведен второй этап исследований, целью которого явилось прогнозирование теплоощущений состояния пассажиров в салонах с помощью применения расчётной модели общего теплового комфорта (индексы PMV и PPD) [6].

На втором этапе исследований были проведены следующие работы:

- теоретический расчёт показателей значений PMV и PPD с целью построения диаграммы, отражающей теплоощущения пассажиров с учётом времени года, т. е. с учётом теплоизоляции их одежды;
- расчёт показателей значений PMV и PPD по фактическим измеренным значениям параметров микроклимата

¹ СП 2.5.1198–03 Гигиена и эпидемиология на транспорте. Санитарные правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте (в ред. Изменений и дополнений № 1 от 16.04.2010, № 2 от 16.06.2010).

² ГОСТ Р 55434–2013 Электропоезда. Общие технические требования. М.: Стандартинформ, 2014. 58 с.

³ ГОСТ 33463.1–2015 Системы жизнеобеспечения на железнодорожном подвижном составе. Ч. 1. Методы испытаний по определению параметров микроклимата и показателей эффективности систем обеспечения микроклимата. М.: Стандартинформ, 2016. 60 с.

Результаты измерений и расчётов средней температуры и подвижности воздуха в салонах вагонов электропоездов

| Салон | Наружная температура воздуха, °С | Температура воздуха в помещении, °С | | | | | Скорость движения воздуха, м/с | | | | |
|-------|----------------------------------|-------------------------------------|----------|----------|-------------------|-----------|--------------------------------|-------------|-------------|--------------|--|
| | | средняя по поясам | | | средняя по салону | норма | средняя по поясам | | | норма | |
| | | 1-й пояс | 2-й пояс | 3-й пояс | | | 1-й пояс | 2-й пояс | 3-й пояс | | |
| № 1 | 19,0 | 19,9 | 20,6 | 22,5 | 21,0 | 20–24 | 0,15 ÷ 0,35 | 0,18 ÷ 0,10 | 0,13 ÷ 0,08 | Не более 0,4 | |
| № 2 | 19,0 | 21,3 | 22,1 | 23,4 | 22,3 | 20–24 | 0,14 ÷ 0,21 | 0,12 ÷ 0,07 | 0,11 ÷ 0,13 | Не более 0,4 | |
| № 3 | 20,3 | 22,3 | 20,3 | 21,8 | 21,4 | 20,5–24,5 | 0,15 ÷ 0,23 | 0,18 ÷ 0,2 | 0,14 ÷ 0,21 | Не более 0,4 | |
| № 4 | 19,5 | 19,8 | 19,5 | 19,1 | 19,5 | 20–24 | 0,08 ÷ 0,23 | 0,13 ÷ 0,12 | 0,07 ÷ 0,17 | Не более 0,4 | |

та в салонах, полученным в процессе реальной эксплуатации, где фиксировались жалобы пассажиров.

В расчётной модели общего теплового комфорта показатель PMV – прогнозируемая средняя оценка, с помощью которой определяют среднее значение чувствительности к температуре и подвижности воздуха большой группы людей по 7-балльной шкале в диапазоне от –3 до +3, где значение –3 соответствует ощущению человеком «холода», значение 0 выражает «нейтральное» состояние, а значение +3 выражает состояние «жары». Наряду с показателем PMV приводится прогнозируемый процент недовольных пассажиров (показатель PPD), который позволяет получить информацию о температурном дискомфорте на основе прогнозируемого процента людей, которым слишком тепло или прохладно в конкретной тепловой среде [6–8].

Тепловая среда считается приемлемой, когда таковой её считают 80% пассажиров (значение индекса PPD), присутствующих в салоне, что по критерию Фангера соответствует значению индексов PMV в диапазоне от –0,5 до +0,5. При этом важно отметить, что при индексе PMV нулевой величины значение индекса PPD составит 5%. Это означает, что всегда, в любой ситуации будет наблюдаться процент недовольных микроклиматом пассажиров [6, 7].

Теоретический расчёт значений индекса PMV для пассажиров салонов электропоездов проводился по существующей в настоящее время методике⁴, со следующими исходными данными: теплопродукция среднестатистического пассажира весом 70 кг, ростом 1,7 м составляет 66 Вт/м²; с учётом средней теплоизоляции одежды пассажиров, принятой как 1 КЛЮ для температур наружного воздуха 19–21,3 °С [9, 10].

Средняя температура излучения (температура стен салона) была принята аналогичной средней температуре воздуха в салоне.

По результатам расчётов была построена диаграмма, на которой представлены расчётные кривые теплоощущений пассажиров при различных сочетаниях температуры и подвижности воздуха (рис. 1).

Как следует из рис. 1, пассажиры в поездке будут ощущать себя вполне комфортно только в области диаграммы с ощущением «нейтрально», т. е. при следующих сочетаниях температур и подвижностей воздуха:

- от 20,2 °С до 24 °С при 0,1 м/с;
- от 21,2 °С до 25 °С при 0,4 м/с.

При этом индекс PMV составит 0,5, процент недовольных людей тепловой окружающей средой PPD составит 5–10%.

Таким образом, теоретический расчёт значений показателей PMV и PPD был проведён для построения диа-

граммы, определяющей область «комфорта» для среднестатистического пассажира салона электропоезда.

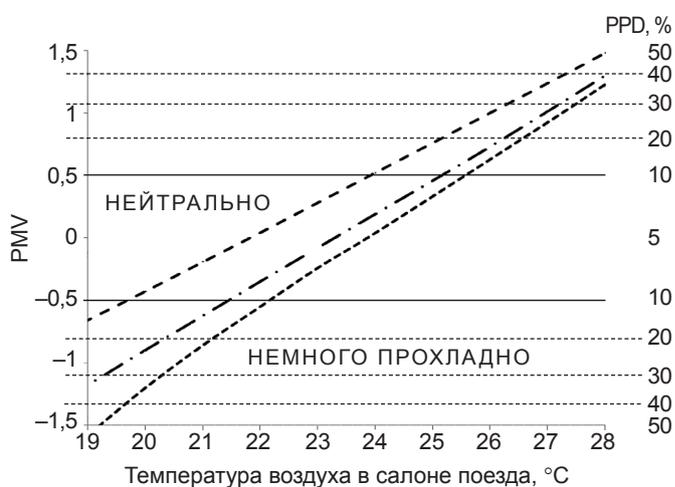
В реальной эксплуатации наиболее значимым фактором формирования комфортных ощущений у конкретного пассажира является совокупность значений температур и подвижностей воздуха непосредственно на определённом месте размещения пассажира в определенный момент времени.

Соответственно, следующий шаг в настоящем исследовании – проведение расчёта, который основан на данных параметров микроклимата, измеренных в тех местах размещения пассажиров в салонах, где фиксировались жалобы.

В «практический» расчёт значений индексов PMV были включены все данные, полученные непосредственно при измерениях параметров микроклимата (температура воздуха, его относительная влажность и подвижность) на каждом месте размещения пассажиров в определённые моменты времени проведения исследований, включая значения, которые «выпадают» из нормативных значений.

Таким образом, для каждого исследуемого салона, где наблюдались жалобы, были определены значения индексов PMV, рассчитанные по измеренным максимальным и минимальным значениям температур и подвижностей воздуха, зафиксированных на разных местах пребывания пассажиров в фиксированные моменты времени их поездки.

Рассчитанные значения индексов PMV для каждого определённого салона были нанесены на построенную ранее диаграмму.



Теплоощущения пассажиров при движении воздуха со скоростью:

--- 0,1 м/с — · — 0,4 м/с 0,7 м/с

Рис. 1. Теоретический расчёт теплоощущений пассажиров.

⁴ ГОСТ Р ИСО 7730–2009 Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчёта показателей PMV и PPD и локального теплового комфорта.

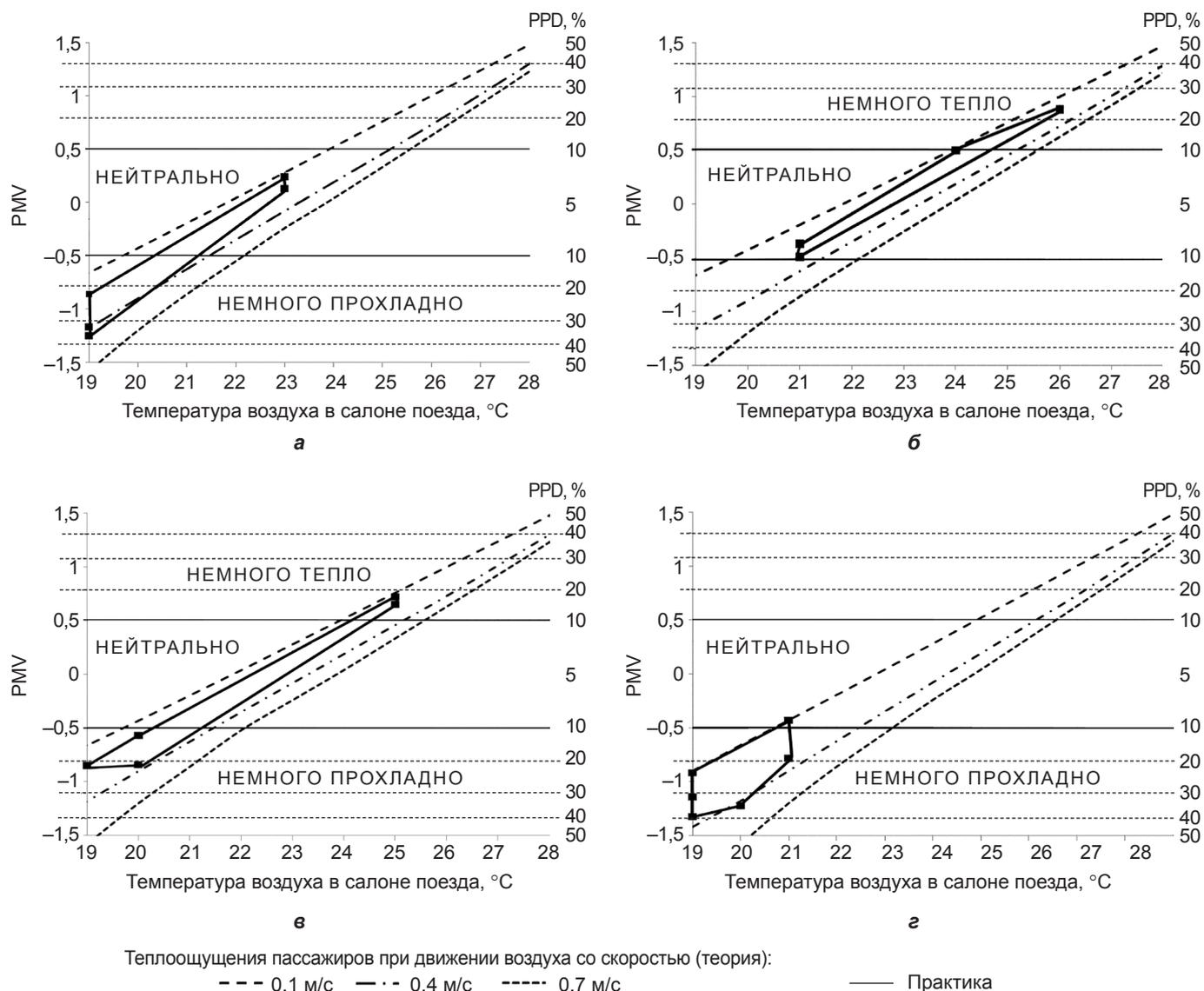


Рис. 2. Область теплоощущений пассажиров: а – в салоне № 1; б – в салоне № 2; в – салоне № 3; г – в салоне № 4.

Результаты

Совокупность всех рассчитанных значений индексов PMV для каждого салона представлена на диаграмме замкнутой областью, которая отражает оценку комфорта теплоощущений практически всех пассажиров, находящихся в разных местах исследуемого салона (рис. 2).

Как видно из рис. 2, построенная область ощущений пассажиров салона № 1 частично лежит за пределами комфортного температурного диапазона с ощущением «нейтрально». Это свидетельствует о том, что в определенных местах пребывания пассажиров при сочетании температуры воздуха 19 °C и его подвижностях 0,15 ÷ 0,35 м/с, (с временными порывами до 0,45 м/с), возможно, будет наблюдаться 22–36% недовольных пассажиров с ощущениями «немного прохладно» и «холодного «дутья»» (индекс PMV лежит в пределах от –0,8 до –1,3).

Построенная область теплоощущений пассажиров для салона № 2 (рис. 2, б) только частично лежит за пределами комфортного температурного диапазона с ощущением «нейтрально», поэтому большинство пассажиров ощущают себя вполне комфортно.

Однако та часть области теплоощущений пассажиров, которая находится выше «нейтральной» зоны, свидетельствует о том, что в некоторых местах пребывания пассажиров при сочетании температуры воздуха 25–26 °C и его подвижностях 0,1 ÷ 0,15 м/с, будет наблюдаться до 23% недовольных пассажиров с ощущениями «немного тепло» и «душно и жарко» (индекс PMV лежит в пределах от +0,5 до +0,8).

Рассмотрев результаты испытаний, расчётов и расположения области теплоощущений пассажиров в салоне № 3, можно сделать вывод о том, что построенная область только частично лежит за пределами комфортного температурного диапазона с ощущением «нейтрально», как это видно из рис. 2, в, поэтому большинство пассажиров ощущают себя вполне комфортно.

Часть построенной области теплоощущений пассажиров, которая находится выше «нейтральной» зоны, свидетельствует о том, что в нескольких местах пребывания пассажиров при сочетании температуры воздуха 25 °C и его подвижностях 0,1 ÷ 0,14 м/с, будет наблюдаться до 15–18% недовольных пассажиров с ощущениями

«немного тепло» и «душно», индекс PMV лежит в пределах от +0,5 до +0,7.

Та часть построенной области теплоощущений пассажиров, которая находится ниже «нейтральной» зоны, свидетельствует о том, что в этом же салоне № 3, в некоторых местах пребывания пассажиров при сочетании температуры воздуха 19–20 °С и его подвижностях 0,18 ÷ 0,4 м/с будет наблюдаться до 22% недовольных пассажиров с ощущениями «немного прохладно» и «холодного «дутья»» (индекс PMV лежит в пределах от –0,5 до –0,85).

Таким образом, особенностью микроклимата в салоне № 3 при проведении испытаний явилось одновременное получение жалоб от пассажиров и на «холод», и на «тепло».

Анализ данных микроклиматических параметров показал, что такая ситуация была обусловлена существованием большого перепада температур по длине салона (более 4,4 °С), что, в свою очередь, напрямую зависело от работы установки СКВ (от распределения обработанного воздуха в воздуховодах, от исправности автоматической регулировки поддержания заданной температуры).

Построенная область для салона № 4 (рис. 2, з) практически полностью лежит за пределами комфортного температурного диапазона. На местах пребывания пассажиров при сочетании температуры воздуха 18–20 °С и его подвижностях 0,1 ÷ 0,4 м/с, (временными порывами до 0,43 м/с), возможно, будет наблюдаться 15–40% недовольных с ощущениями «немного прохладно» и «холодного «дутья»», – индекс PMV лежит в пределах от –0,6 до –1,3.

Таким образом, по теплоощущениям салон воспринимается пассажирами в основном как «прохладный» или «холодный».

Заключение

1. В период эксплуатации подтверждены средние нормативные значения параметров микроклимата.

2. Средние значения показателей микроклимата в салоне, полученные за период проведения испытаний (температура воздуха, подвижность) характеризуют только возможность СКВ обеспечивать нормативные микроклиматические параметры.

3. Для прогнозирования возможных жалоб пассажиров целесообразно использовать расчётный метод Фангера на основе определения микроклиматических параметров, полученных на местах размещения пассажиров. Соответственно, возможен и обратный вариант: рассмотренный метод оценки теплового комфорта, применённый для анализа жалоб пассажиров на железнодорожном транспорте, позволяет объяснить причину их возникновения, а также выявить процент недовольных пассажиров.

4. Анализ места расположения построенной области комфортных теплоощущений пассажиров относительно нейтральной зоны диаграммы для каждого пассажирского помещения является основанием для коррекции алгоритма регулирования СКВ и поддержания параметров микроклимата для комфортного проезда пассажиров на железнодорожном подвижном составе.

5. Применение расчётных показателей PMV и PPD целесообразно ввести в практику эксплуатационных испытаний для повышения уровня комфортности проезда пассажиров железнодорожным транспортом.

Литература (п. 6 см. References)

1. Сидоров Ю.П., Тимошенко Е.В., Гаранина Т.В. *Системы обеспечения микроклимата на объектах железнодорожного транспорта. Учебное пособие*. Под ред. Ю.П. Сидорова. М.: ФГБОУ Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2015. 260 с.
2. Лексин А.Г. Минеева Н.И., Тимошенко Е.В. Моргунов А.В. Хлебников В.Г. Оценка параметров микроклимата в пассажирских салонах вагонов электропоездов в летний период года. *Сборник тезисов Межевззовской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 130-летию кафедры общей гигиены МПФ Первого МГМУ им. Сеченова «Роль и место гигиенической науки и практики в формировании здоровья нации»*, Москва 2014 г.: 113-5.
3. Сидоров Ю.П. *Основы кондиционирования воздуха на предприятиях железнодорожного транспорта и в подвижном составе*. М.: Транспорт; 1984. 208 с.
4. Маханько М.Г., Сидоров Ю.П., Хенач А., Шмидт М. *Кондиционирования воздуха в пассажирских вагонах и на локомотивах*. М.: Транспорт; 1981. 254 с.
5. Лексин А.Г. Минеева Н.И. Тимошенко Е.В. Моргунов А.В. Грибов А.В. Особенности влияния климатических факторов на комфорт пассажиров в летнем периоде. *Сборник материалов X Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы охраны здоровья человека в экологически неблагоприятных условиях»*: Брянск, РИО БГУ, 2016 г.: 143-7.
6. Лексин А.Г., Евлампиева М.Н., Минеева Н.И., Тимошенко Е.В. Применение показателей PMV и PPD для прогнозирования оценки пассажирами метрополитена степени теплового комфорта или дискомфорта в различных температурных условиях. *Гигиена и санитария*. 2014; (3): 45-8.
7. Бурцев С.И., Цветков Ю.Н. Тепловой и газовый комфорт с учетом индивидуальных особенностей человека. *Теплоэнергоэффективные технологии*. 2002; (1): 19-28.
8. Кандрор И.С. Терморегуляция у человека при мышечной работе. В кн.: Кандрор И.С. Иванов К.П., Минут-Сорохтина О.П., Майстрах Е.В. *Руководство по физиологии. Физиология терморегуляции*. Ленинград: Наука; 1984: 139-80.
9. Кандрор И.С., Демина Д.М., Ратнер Е.М. *Физиологические принципы санитарно-климатического районирования территории СССР*. М: Медицина; 1974.

References

1. Sidorov YU.P., Timoshenkova E.V., Garanina T.V. *Microclimate maintenance systems at railway transport facilities*. Ed. YU.P. Sidorova. M.: FGBOU Uchebno-metodicheskij centr po obrazovaniyu na zheleznodorozhnom transporte, 2015. 260.
2. Leksin A.G. Mineeva N.I., Timoshenkova E.V. Morgunov A.V. Hlebnikov V.G. Estimation of microclimate parameters in passenger saloons of electric train cars in the summer period of the year. *Collection of abstracts of the Interuniversity scientific-practical conference with international participation, dedicated to the 130th anniversary of the General Hygiene Department of the Moscow Pediatric Faculty of the Sechenov First MGU "The role and place of hygienic science and practice in shaping the health of the nation"*. [Sbornik tezisev Mezhvuzovskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhduarodnym uchastiem, posvyashchennaya 130-letiyu kafedry obshchej gigieny MPF Pervogo MGU im. Sechenova «Rol' i mesto gigienicheskoj nauki i praktiki v formirovaniy zhdorov'ya natsii»], Moscow. 2014: 113-5.
3. Sidorov Yu.P. *Basics of air conditioning at the enterprises of railway transport and in rolling stock*. Moscow: Transport; 1984. 208 p.
4. Mahan'ko M.G., Sidorov YU.P., Henach A., SHmidt M. *Air conditioning in passenger cars and locomotives*. Moscow: Transport; 1981. 254 p.
5. Leksin A.G. Mineeva N.I. Timoshenkova E.v. Morgunov A.V. Gribov A.V. Features of the influence of climatic factors on the comfort of passengers in the summer period. *Collection of materials of the X International Scientific and Practical Conference "Actual problems of protecting human health in environmentally unfavorable conditions"*. [Sbornik materialov H Mezhduarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Aktual'nye problemy ohrany zdorov'ya cheloveka v ehkologicheskii neblagopoluchnyh usloviyah»]: Bryansk, RIO BGU, 2016: 143-7.
6. Fanger P.O. *Thermal comfort. Analysis and application in environmental engineering*. Copenhagen: 1970.
7. Leksin A.G., Evlampieva M.N., Mineeva N.I., Timoshenkova E.V. The use of indicators PMV and PPD for predicting the evaluation of metro passengers by the degree of thermal comfort or discomfort in different temperature conditions. *Gigiena i sanitariya*. 2014; 3: 45-8.
8. Burcev S.I., Cvetkov YU.N. Thermal and gas comfort, taking into account individual characteristics of a person. *Teploenergoeffektivnyye tekhnologii*. 2002: 1.
9. Kandrор I.S. Thermoregulation in humans in muscle work. V kn.: Kandrор I.S. Ivanov K.P., Minut-Sorohtina O.P., Majstrah E.V. *Rukovodstvo po fiziologii. Fiziologiya termoregulyatsii*. Leningrad: Nauka; 1984: 139-80.
10. Kandrор I.S., Demina D.M., Ratner E.M. *Physiological principles of sanitary-climatic zoning of the territory of the USSR*. M: Medicina; 1974.