

Ю. Ю. Романенко, Ю. И. Булыгин, И. А. Яицков

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В КАБИНАХ МАШИНИСТОВ ЭЛЕКТРОВЗОВ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ И УСТРОЙСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА И ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Аннотация. Представлены результаты статистического анализа параметров микроклиматических условий (температура, индекс тепловой нагрузки среды – ТНС-индекс) в кабинах машинистов электропоездов серий ЭП1М, 2ЭС5К и ВЛ80. Исследование основано на данных специальной оценки условий труда локомотивных бригад электропоездов, проведенной в разное время года. Методами описательной статистики и визуализации данных выявлено, что эмпирические распределения изучаемых параметров существенно отличаются от нормального и представляют собой смесь нескольких компонентов, каждый из которых соответствует определенному классу условий труда и близок к нормальному распределению. Установлено, что воздействие нагревающего микроклимата представляет более значительный риск для работников локомотивных бригад электропоездов по сравнению с охлаждающим. Результаты работы служат основой для разработки и валидации математических моделей тепломассопереноса, а также для проектирования систем и устройств нормализации микроклимата в кабинах машинистов для обеспечения безопасности труда и безопасности движения подвижного состава.

Ключевые слова: электропоезд, микроклиматические условия, ТНС-индекс, статистический анализ, безопасность труда, локомотивные бригады, тепловой стресс, безопасность движения.

Для цитирования: Романенко, Ю. Ю. Экспериментальные исследования микроклиматических условий в кабинах машинистов электропоездов для совершенствования систем и устройств обеспечения безопасности труда и повышения безопасности движения / Ю. Ю. Романенко, Ю. И. Булыгин, И. А. Яицков // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 113–123. – DOI10.46973/0201-727X_2026_2_113.

Введение

Неблагоприятные условия труда локомотивных бригад часто становятся причиной снижения производительности труда и концентрации внимания, что напрямую сказывается на обеспечении безопасности движения поездов [4, 7]. Современные локомотивы эксплуатируются круглогодично в широком диапазоне климатических условий разных регионов России, что приводит к необходимости изучения состояния условий труда по фактору производственного микроклимата в кабинах машинистов [2, 3].

Для решения задачи нормализации параметров микроклимата в кабинах электропоездов с целью обеспечения безопасности труда и безопасности движения подвижного состава необходимы организационно-технические решения, основанные на представительной выборке эмпирических данных, полученной посредством проведенной специальной оценки условий труда [1, 6].

Цель экспериментального исследования состоит в статистической оценке воздействия параметров микроклимата, таких как температура и ТНС-индекс, на условия труда локомотивных бригад в кабинах электропоездов. Исследование включает анализ распределения этих параметров в различных климатических условиях и на различных высотах.

При проведении специальной оценки условий труда были выполнены замеры нескольких ключевых показателей: скорости воздушного потока, температурного режима, уровня относительной влажности, а также рассчитан комплексный показатель теплового воздействия среды – ТНС-индекс [8, 12].

Методы исследования

Авторами рассматривались рабочие места локомотивных бригад электропоездов серий ЭП1М, 2ЭС5К и ВЛ80, на которых была проведена специальная оценка условий труда по фактору производственного микроклимата. Измерения осуществлялись на предприятиях железнодорожного транспорта в период с июля по сентябрь и с ноября по декабрь 2020 года.

Экспериментальные данные были проанализированы на основании 46 карт СОУТ, подтвержденных протоколами измерения микроклимата: 22 карты относятся к холодному периоду, а 24 – к теплому.

При проведении замеров использовались такие проверенные устройства, как «Метеоскоп-М» для измерения условий микроклимата и измерительная лента серии «Каучук» производства «Энкор». Процесс измерений соответствовал действующим стандартам и методическим указаниям (методические указания по измерению и оценке микроклимата производственных помещений (МУК) 4.3.2756-10, СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений», ГОСТ 30494–2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»), а также руководству ББЕК.431110.04.РЭ по эксплуатации прибора «Метеоскоп-М» [2, 12].

Замеры параметров микроклиматической обстановки выполнялись на разных высотах относительно пола кабины машиниста электровоза – на уровне 0,1 м, 1 м и 1,5 м. Собранная информация обладает достаточной репрезентативностью для последующего систематического изучения и аналитической обработки. Итоги специальной оценки условий труда показали, что среди обследованных 22 рабочих мест машинистов электровозов в зимний сезон на 19 местах зафиксированы условия труда класса 3.1, соответствующие категории вредных факторов (рис. 1, а).

Соответственно в теплый период года обследованию подлежало 24 рабочих места, из которых 6 были отнесены к 4-му классу условий труда (КУТ) – недопустимые условия, остальные – к КУТ 3 (рис. 1, б).

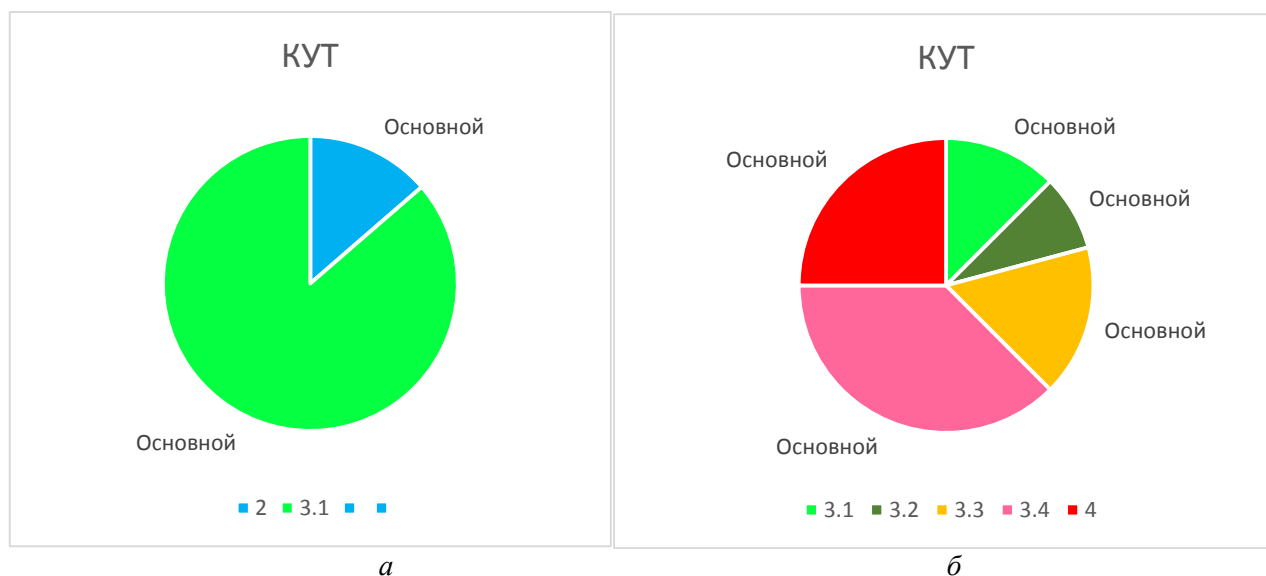


Рис. 1. Доля КУТ:

а – при влиянии охлаждающего микроклимата; б – при влиянии нагревающего микроклимата

Результаты исследования

Полученные экспериментальные данные распределены на три группы вдоль оси Y в зависимости от уровня расположения точек замера внутри кабины машиниста электровоза (0,1 м, 1,0 м, 1,5 м). Классификация производится соответственно определенному классу условий труда, каждый из которых обозначен цветом.

На рис. 2 представлены рассчитанные ТНС-индексы для 24 электровозов в условиях нагревающего климата.

Анализ представленных на рис. 2 и 3 распределений позволяет сделать вывод, что работа машиниста и помощника машиниста электровоза в условиях нагревающего микроклимата сопровождается значительно большим уровнем негативного влияния на организм по сравнению с условиями охлаждающей среды [4, 5, 9], что, в свою очередь, значительно снижает уровень обеспечения безопасности движения подвижного состава.

Картина распределения температур и ТНС-индексов выглядит достаточно равномерной в диапазоне 24–31 °С без преимущественного преобладания того или иного КУТ.

При влиянии охлаждающего микроклимата наблюдается несколько иная ситуация. На высотах 0,1 м и 1 м от пола в кабине электровоза температура находится в узком коридоре значений 13–16 °С, что соответствует КУТ 3.1. Отметим, что допустимые санитарно-гигиенические нормативы (2 КУТ) встречаются только здесь и крайне редко [2].

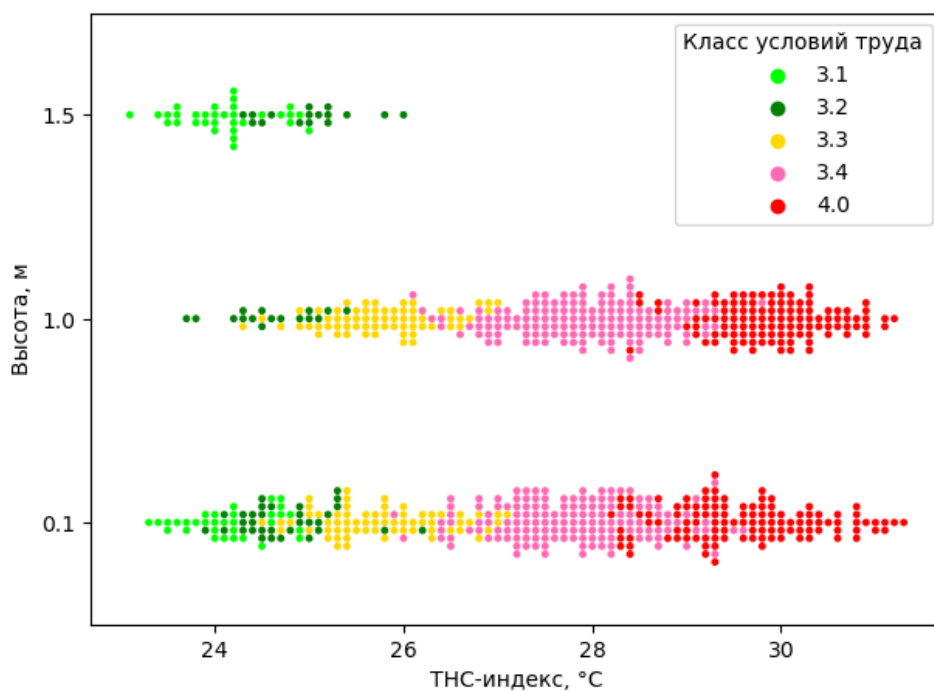


Рис. 2. Значения индекса тепловой нагрузки среды (ТНС-индекса), полученные на разной высоте внутри кабин машинистов электровозов, с классификацией по уровню вредности условий труда

На рис. 3 приведено графическое представление температурных показателей на различных уровнях высоты внутри кабин машинистов у 22 электровозов в условиях охлаждения рабочей зоны.

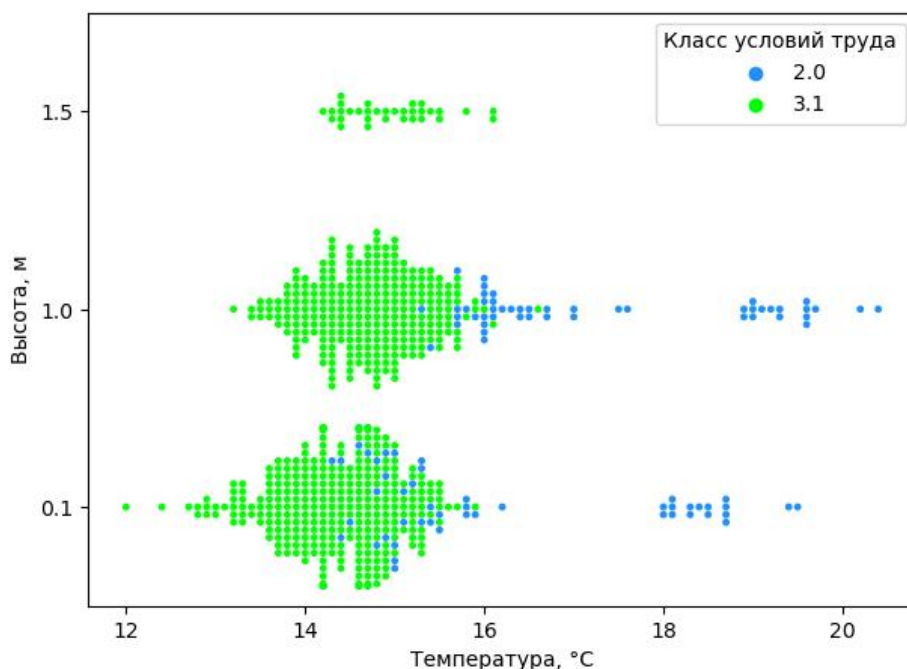


Рис. 3. Распределение значений температуры в кабинах машинистов электровоза на разных уровнях высоты над полом с учетом класса условий труда

Для детального исследования закономерностей и формирования теоретических моделей наибольший интерес представляют эмпирические распределения таких важных микроклиматических

параметров, как температура и ТНС-индекс. На рис. 4 изображены гистограммы и кривые плотности, демонстрирующие распределение температуры и ТНС-индекса в условиях нагревающего микроклимата на разных высотах. Дополнительно на графике отмечены медианное значение и границы межквартильного размаха, выделенные штриховыми линиями.

Отметим, что распределения исследуемых параметров микроклимата имеют одну моду примерно 31 °С. Выраженная мода при наличии достаточного объема данных наблюдается на высотах 0,1 м и 1 м. Распределение температур в кабинах машинистов электровозов отличается выраженной асимметрией, что указывает на преобладание повышенных значений (табл. 1). При этом ТНС-индекс, который учитывает не только температуру, но и влажность, а также скорость движения воздуха, демонстрирует более равномерное распределение по сравнению с температурой как отдельным показателем [8, 10]. Таким образом, скорость движения воздуха и относительная влажность оказывают существенное влияние на состояние условий труда [9, 11] и, следовательно, на обеспечение безопасности труда локомотивных бригад и безопасности движения поездов.

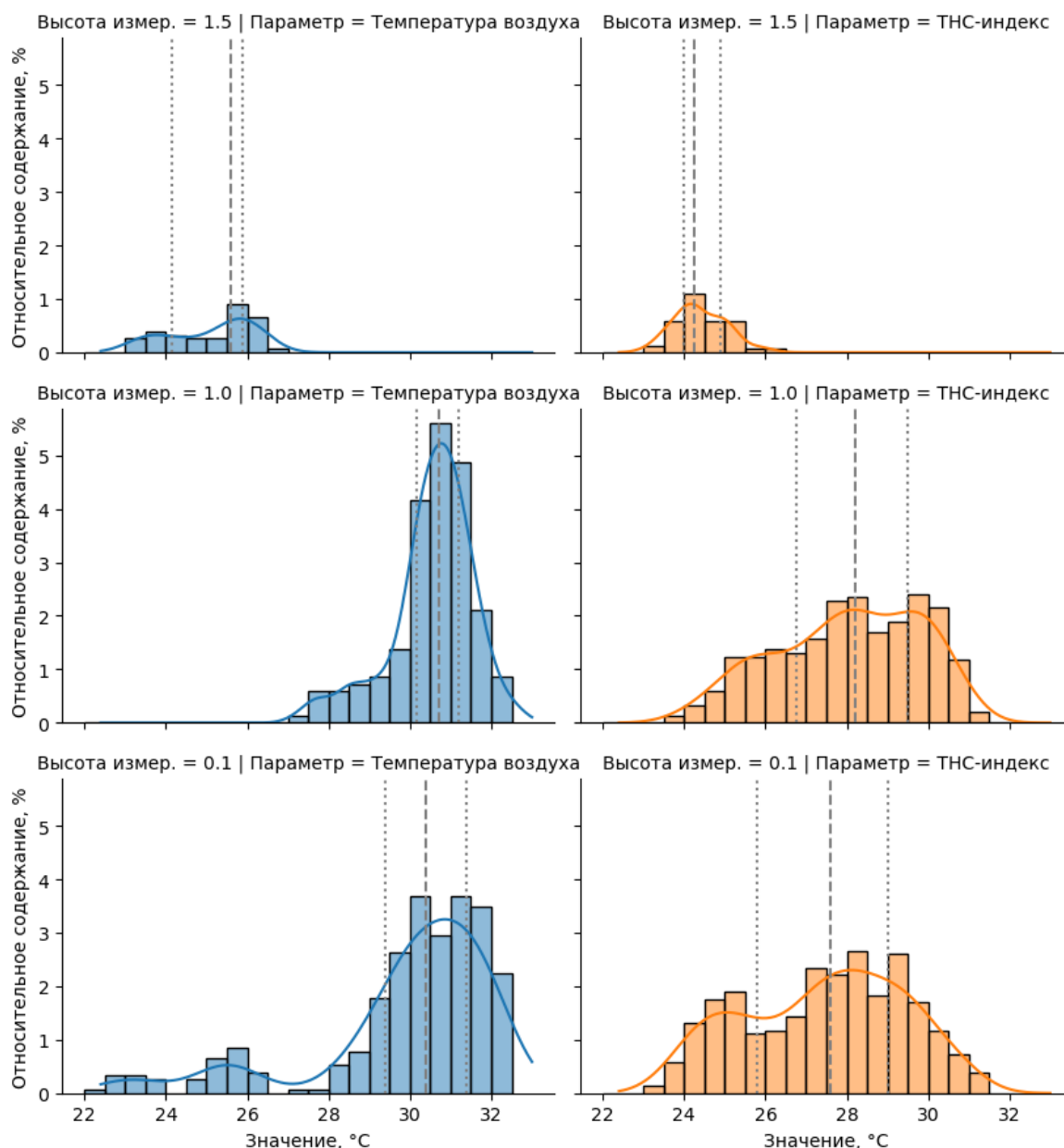


Рис. 4. Распределение температур и ТНС-индексов в зависимости от высоты (пунктиром показаны квартили и медиана)

Таблица 1

**Статистические показатели распределения ТНС-индекса
в кабинах машинистов электровозов в теплый период года с учетом КУТ**

Класс 3.1							
Высота, м	Минимум	Максимум	Медиана	Среднее	СКО	Асимметрия	Экссесс
0,1	23,3	24,9	24,15	24,15	0,454	-0,031	-0,909
1	-	-	-	-	-	-	-
1,5	23,1	25	24,15	24,1	0,469	0,114	-0,361
Класс 3.2							
Высота, м	Минимум	Максимум	Медиана	Среднее	СКО	Асимметрия	Экссесс
0,1	23,9	26,2	24,6	24,75	0,498	0,912	1,189
1	23,7	25,4	24,55	24,6	0,484	-0,241	-0,506
1,5	24,3	26	25	25	0,487	0,419	-0,122
Класс 3.3							
Высота, м	Минимум	Максимум	Медиана	Среднее	СКО	Асимметрия	Экссесс
0,1	24,5	27,1	25,7	25,775	0,631	0,28	-0,622
1	24,3	27	25,75	25,775	0,589	-0,058	-0,135
1,5	-	-	-	-	-	-	-
Класс 3.4							
Высота, м	Минимум	Максимум	Медиана	Среднее	СКО	Асимметрия	Экссесс
0,1	25,9	29,6	27,8	27,767	0,753	0,065	-0,29
1	26,1	29,8	27,9	27,922	0,746	-0,138	-0,424
1,5	-	-	-	-	-	-	-
Класс 4							
Высота, м	Минимум	Максимум	Медиана	Среднее	СКО	Асимметрия	Экссесс
0,1	28,2	31,3	29,6	29,614	0,768	0,151	-0,65
1	28,4	31,2	29,9	29,914	0,586	-0,128	-0,059
1,5	-	-	-	-	-	-	-

Аналогичное графическое представление температурных распределений для ситуации с охлаждающим микроклиматом показано на рис. 5. Статистически картина здесь несколько отличается. Распределение более симметрично и близко к нормальному, что подтверждается численными значениями интегральных моментов (табл. 2) и расположением медианы на равном расстоянии от квартилей.

Таблица 2

**Статистические показатели распределения ТНС-индекса
в кабинах машинистов электровозов в холодный период года с учетом КУТ**

Класс 2							
Высота, м	Минимум	Максимум	Медиана	Среднее	СКО	Асимметрия	Экссесс
0,1	14,3	19,5	15,4	16,233	1,685	0,646	-1,295
1	15,3	20,4	16,45	17,267	1,605	0,609	-1,318
1,5	-	-	-	-	-	-	-
Класс 3.1							
Высота, м	Минимум	Максимум	Медиана	Среднее	СКО	Асимметрия	Экссесс
0,1	12	15,9	14,4	14,347	0,638	-0,425	0,221
1	13,2	16,6	14,7	14,706	0,586	0,014	-0,299
1,5	14,2	16,1	14,9	14,95	0,517	0,561	-0,307

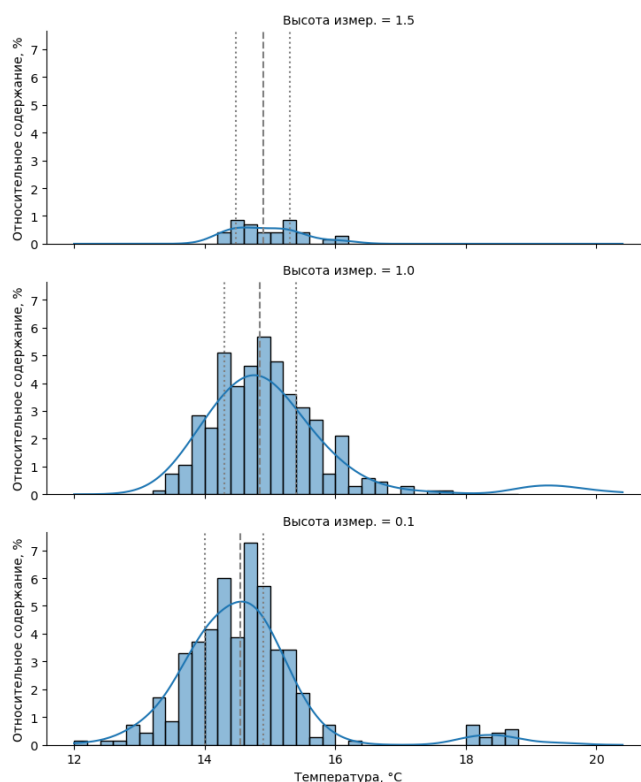


Рис. 5. Анализ распределения температур и ТНС-индексов по высоте в условиях охлаждающего микроклимата

Для понимания причин выявленных особенностей распределения целесообразно провести дополнительный анализ состава классов условий труда в изученной совокупности данных. Графическое представление соответствующих результатов представлено на рис. 6 в виде гистограмм. На рис. 7 представлена подобная структура визуальных материалов и количественных оценок для условий охлаждающего микроклимата.

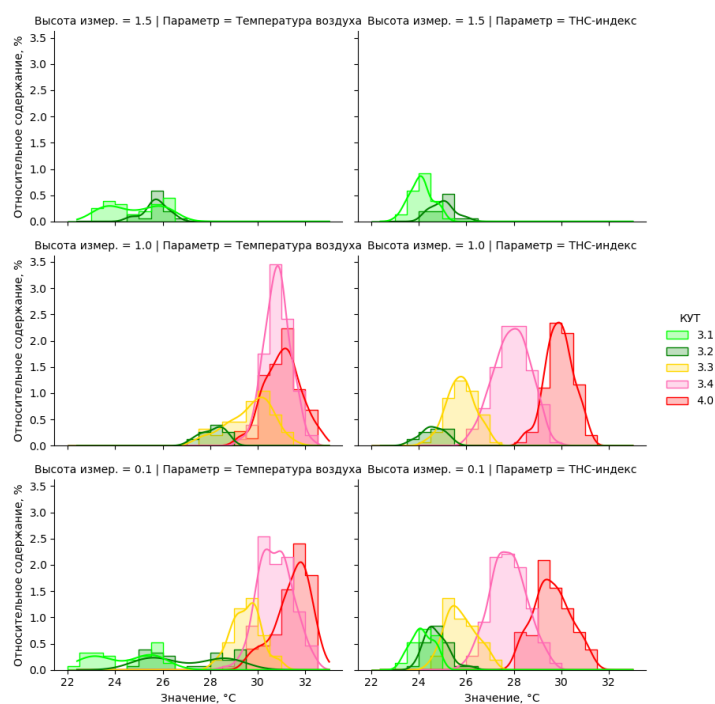


Рис. 6. Распределение ТНС-индексов и температур с учетом КУТ и высоты в условиях нагревающего микроклимата

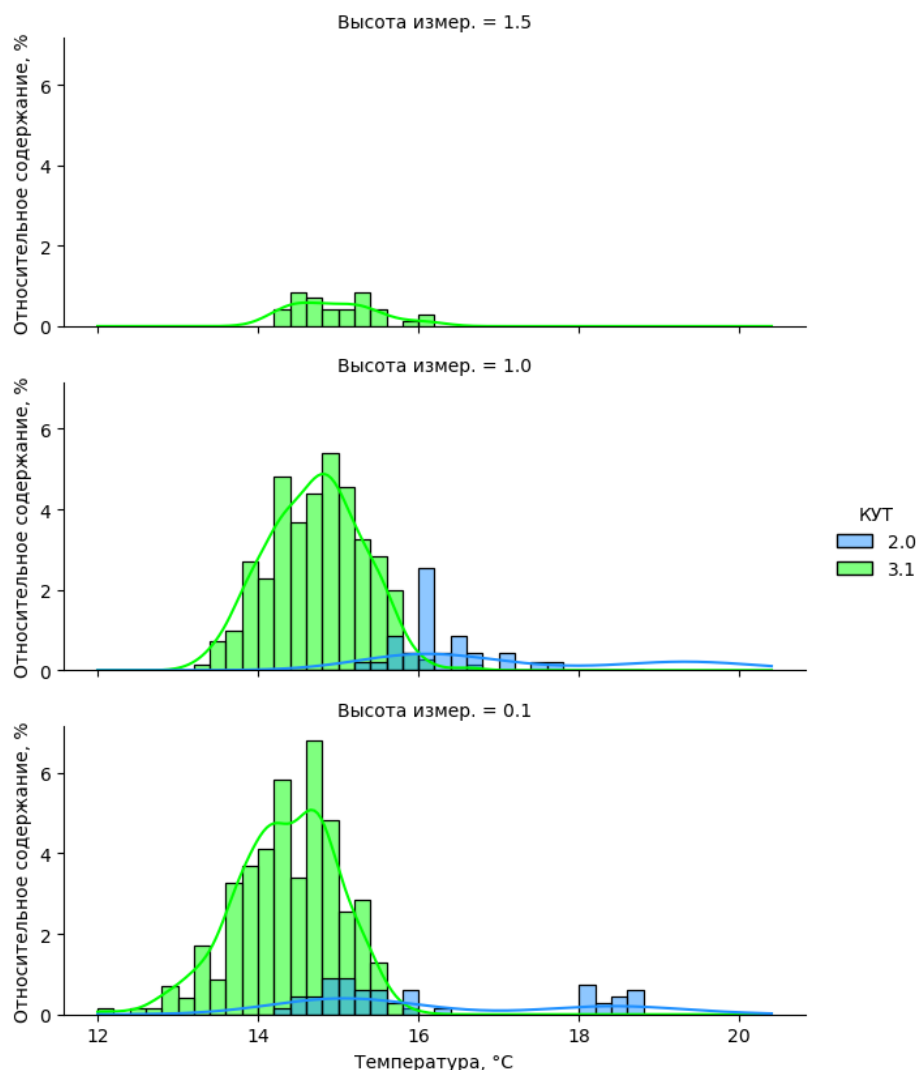


Рис. 7. Распределение ТНС-индексов и температур с учётом КУТ и высоты в условиях охлаждающего микроклимата

Обсуждение результатов исследования

На основе результатов исследования предложен объективный количественный метод оценки микроклиматических условий в кабинах машинистов электровозов в режимах как охлаждения, так и нагрева [1, 6]. Главное преимущество этого подхода состоит в том, что он позволяет избежать субъективных оценок при анализе условий труда для работников локомотивных бригад электровозов [11].

Структура рассматриваемых распределений температуры и ТНС-индекса представляет собой совокупность отдельных компонентов, каждый из которых соответствует конкретному классу условий труда и характеризуется приближенностью к нормальному распределению. Однако объединение этих данных не формирует нормальное распределение вследствие их непропорционального влияния. Подобная картина наблюдается повсеместно при условии наличия достаточных объемов статистических данных [6].

В источнике [7] был предложен градиент ТНС-индекса, который можно использовать для комплексной оценки состояния условий труда и который применим к кабинам других серий электровозов.

Необходимо более детально рассмотреть закономерности изменения градиентов температур и ТНС-индекса в кабине машиниста электровоза (рис. 8 и 9). Под влиянием как нагревающих, так и охлаждающих микроклиматических условий соблюдается нормативное ограничение изменения температуры, равное $3\text{ }^{\circ}\text{C/м}$ [2, 13].

Следовательно, результаты проведенного исследования имеют важное значение для дальнейшей разработки проектов систем и устройств поддержания оптимальных микроклиматических условий в кабинах машинистов электровозов для обеспечения безопасности труда работников, а также для построения и валидации математических моделей процессов тепломассопереноса в помещениях кабин локомотивных бригад электровозов [1, 7, 13].

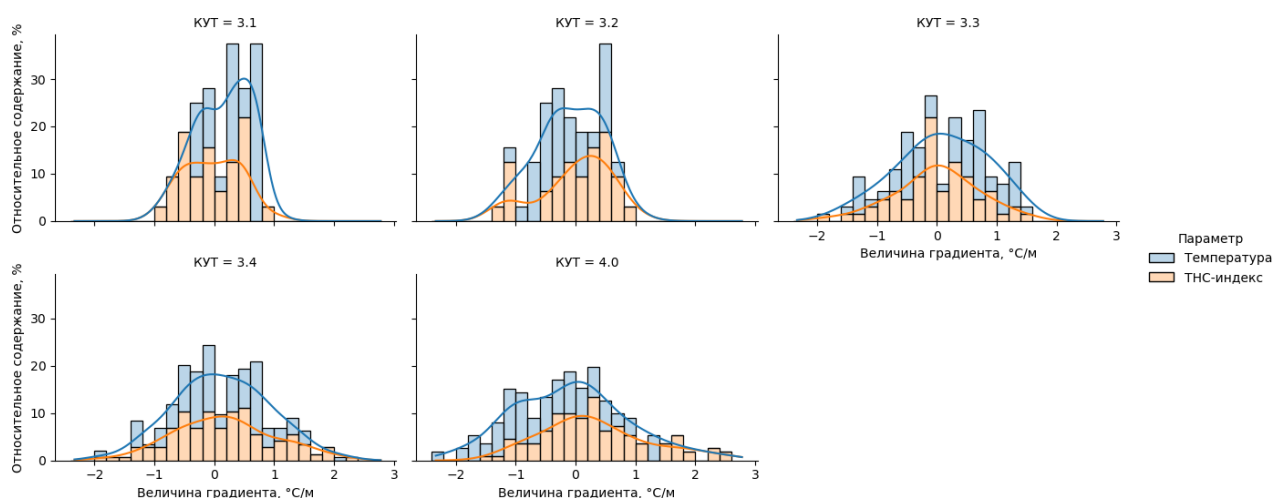


Рис. 8. Распределение температурных градиентов в условиях нагревающего микроклимата

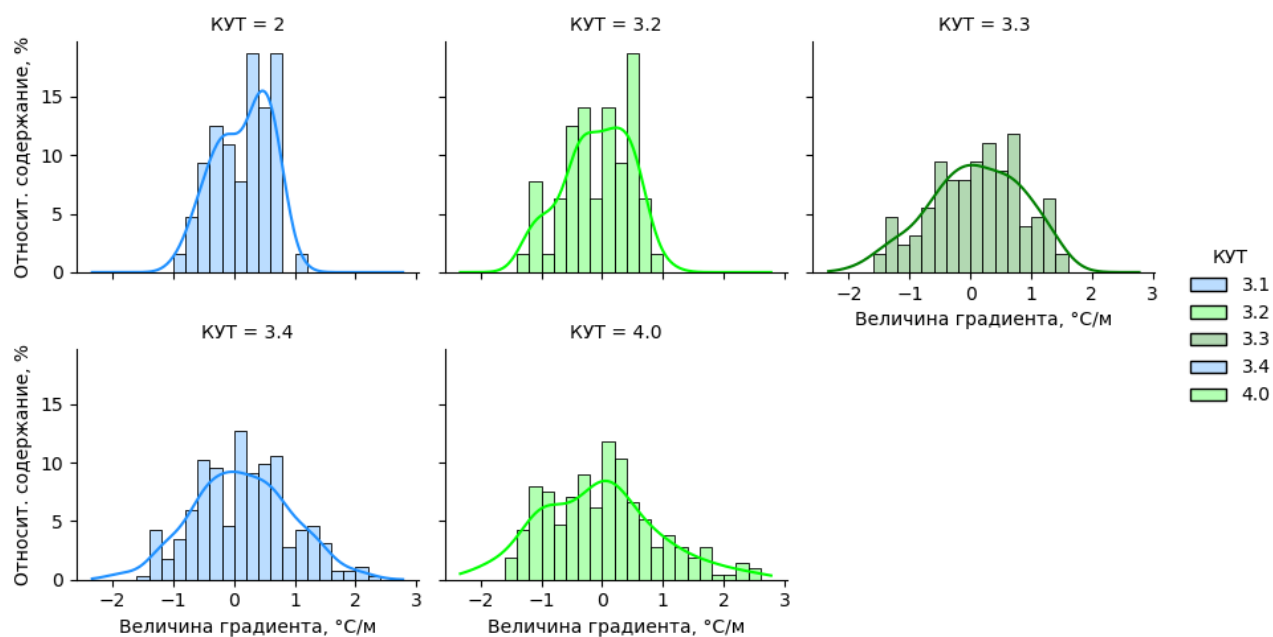


Рис. 9. Распределение температурных градиентов в условиях охлаждающего микроклимата (с учетом КУТ)

Заключение

В теплое время года локомотивные бригады электровозов, как правило, сталкиваются с более неблагоприятными условиями труда по показателям микроклимата, чем в холодный сезон [4, 5]. При воздействии нагревающего микроклимата распределения ТНС-индекса и температуры имеют один выраженный пик, так же как и в условиях охлаждающего. Результаты исследования демонстрируют, что каждый из изученных микроклиматических параметров по отдельности соответствует нормальному распределению и относится к определенному классу условий труда, однако их совокупность не формирует общего нормального распределения [6].

С ухудшением условий труда отмечается увеличение величин температурных градиентов и ТНС-индекса. При этом, несмотря на рост показателей, их значения не превышают допустимый санитарный предел в 3 °С/м ни в теплое, ни в холодное время года [2, 13]. Перспективным аспектом дальнейших научных изысканий представляется выявление статистически значимых зависимостей между параметрами микроклимата в кабине машиниста электровоза и аналогичными характеристиками окружающего пространства за ограждающими конструкциями подвижного состава.

Полученные результаты являются базой для создания и проверки математических моделей тепломассообмена, а также для конструирования систем и устройств, нормализующих микроклимат в кабинах машинистов, с целью повышения безопасности труда и безопасности движения поездов.

Результаты работы служат основой для разработки и валидации математических моделей тепломассопереноса, а также для проектирования систем и устройств нормализации микроклимата в кабинах машинистов для обеспечения безопасности труда и безопасности движения подвижного состава.

Список литературы

1 Сравнительный анализ условий труда машинистов автомотрис при воздействии как нагревающего, так и охлаждающего микроклимата / И. А. Баланов, Ю. И. Булыгин, А. С. Гуменюк, И. А. Яицков // XXI век : итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2024. – Т. 13, № 2 (66). – С. 132–140. – EDN ZWNPJR.

2 **Давыdochkin, Ю. Н.** Нормативное обеспечение в области микроклимата на железнодорожном подвижном составе / Ю. Н. Давыdochkin, Д. В. Емельянов, Л. В. Вербицкая // Локомотив. – 2022. – № 12 (792). – С. 6–8. – EDN QZOUFC.

3 **Гмызин, В. С.** Вопросы улучшения микроклимата в кабине локомотива / В. С. Гмызин // Труды Всероссийской научно-практической конференции «Транспорт-2011» : в 3 частях, Ростов-на-Дону, 01 апреля 2011 года / Министерство транспорта РФ, Федеральное агентство железнодорожного транспорта, Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН, Южный научный центр РАН, Российский национальный комитет по трибологии, Ростовский государственный университет путей сообщения, Российская академия транспорта ; редактор А. Н. Гуда. Часть 2. – Ростов-на-Дону : Ростовский государственный университет путей сообщения, 2011. – С. 401–402. – EDN URRUYO.

4 **Гутор, Е. М.** Факторы риска развития заболеваний у работников локомотивных бригад / Е. М. Гутор, Е. А. Жидкова, К. Г. Гуревич // Медицина труда и промышленная экология. – 2022. – Т. 61, № 1. – С. 43–52. – DOI 10.31089/1026-9428-2022-62-1-43-52.

5 **Киле, К. М.** Микроклимат в кабине машиниста тепловоза / К. М. Киле, Н. В. Муллер // Трансформация информационно-коммуникативной среды общества в условиях вызовов современности : материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 30 ноября

References

1 Comparative analysis of the working conditions of railway cars drivers under the influence of both heating and cooling microclimates / I. A. Balanov, Yu. I. Bulygin, A. S. Gumenyuk, I. A. Yaitskov // XXI century : results of the past and problems of the present plus. – 2024. – Vol. 13, No. 2 (66). – P. 132–140. – EDN ZWNPJR.

2 **Davydochkin, Yu. N.** Regulatory support in the field of microclimate on railway rolling stock / Yu. N. Davydochkin, D. V. Yemelyanov, L. V. Verbitskaya // Locomotive. – 2022. – No. 12 (792). – P. 6–8. – EDN QZOUFC.

3 **Gmyzin, V. S.** Issues of improving the microclimate in the locomotive cabin / V. S. Gmyzin // Transport-2011 : proceedings of the All-Russian scientific and practical conference : in 3 parts, Rostov-on-Don, April 01, 2011 / Ministry of Transport of the Russian Federation, Federal Agency of Railway Transport, Department of Energy, Mechanical Engineering, Mechanics and Management Processes of the Russian Academy of Sciences, Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Russian National Committee for Tribology, Rostov State Transport University, Russian Academy of Transport ; Editor A.N. Guda. Part 2. Rostov-on-Don : Rostov State Transport University, 2011. – P. 401–402. – EDN URRUYO.

4 **Gutor, E. M.** Risk factors for the development of diseases in workers of locomotive crew / E. M. Gutor, E. A. Zhidkova, K. G. Gurevich // Occupational medicine and industrial ecology. – 2022. – Vol. 61, No. 1. – P. 43–52. – DOI 10.31089/1026-9428-2022-62-1-43-52.

5 **Kiele, K. M.** Microclimate in the cabin of a locomotive driver / K. M. Kiele, N. V. Muller // Transformation of the information and communication environment of society in the context of modern challenges : proceedings of the II International scientific and practical conference of young scientists, Komso-

2023 г. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2023. – С. 452–454. – EDN VROYAK.

6 Статистический анализ параметров микроклимата в кабинах путевых машин / И. А. Баланов, Ю. И. Булыгин, Д. В. Ашихмин [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 9. – С. 111–118. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-9-111-112.

7 **Патент № 2489287 С2 Российская Федерация, МПК B61C 17/12.** Система обеспечения микроклимата в кабине управления локомотива : № 2011119395/11 : заявл. 07.11.2011 : опубл. 10.08.2013 / Д. А. Газев, Е. М. Лыткина, А. М. Худоногов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Иркутский государственный университет путей сообщения (ФГБОУ ВПО ИРГУПС). – EDN FNSRQS.

8 **Parsons, K.** Human Thermal Environments : The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, and Performance / K. Parsons. – 3rd ed. – Boca Raton : CRC Press, 2014. – ISBN 978-1-4822-0461-4.

9 **d'Ambrosio Alfano, F. R.** Thermal Environment Assessment in Train Cabins / F. R. d'Ambrosio Alfano, B. I. Palella, G. Riccio // Applied Ergonomics. – 2011. – Vol. 42, No. 2. – P. 235–245. – DOI 10.1016/j.apergo.2010.07.005.

10 **Budd, G. M.** Wet-Bulb Globe Temperature (WBGT)–Its History and Its Limitations / G. M. Budd // Journal of Science and Medicine in Sport. – 2008. – Vol. 11, No. 1. – P. 20–32. – DOI 10.1016/j.jsams.2007.07.003.

11 **Vimalanathan, K.** The Effect of Indoor Office Environment on Work Performance, Health and Well-Being of Office Workers / K. Vimalanathan, T. R. Babu // Ergonomics. – 2014. – Vol. 57, No. 8. – P. 1166–1177. – DOI 10.1080/00140139.2014.926794.

12 **ISO 7243:2017.** Ergonomics of the thermal environment – Assessment of heat stress using the wet bulb globe temperature (WBGT) index. – URL: <https://clck.ru/3ULYiJ> (дата обращения: 10.06.2026).

13 **Lin, Yang.** Thermal comfort analysis of a high-speed train cabin considering the solar radiation effects / Lin Yang, Xiangdong Li, Jiyuan Tu // International Journal of Sustainable Transportation. – 2019. – Vol. 29, Iss. 8. – P. 685–701. – DOI 10.1177/1420326X19876082.

molsk-on-Amur, November 30, 2023 – Komso-molsk-on-Amur : Komsomolsk-on-Amur State University, 2023. – P. 452–454. – EDN VROYAK.

6 Statistical analysis of microclimate parameters in cabins of track maintenance machines / I. A. Balanov, Yu. I. Bulygin, D. V. Ashikhmin [et al.] // Izvestiya Tula State University. Technical sciences. – 2023. – No. 9. – P. 111–118. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-9-111-112.

7 **Patent No. 2489287 C2.** Russian Federation, IPC B61C 17/12. Microclimate control system in the locomotive control cabin : No. 2011119395/11 : application 07.11.2011 : published 10.08.2013 / D. A. Gazev, E. M. Lytkina, A. M. Khudonogov ; applicant Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Professional Education Irkutsk State Transport University (FSBEE HE IrSPE). – EDN FNSRQS.

8 **Parsons, K.** Human Thermal Environments : The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, and Performance / K. Parsons. – 3rd ed. – Boca Raton : CRC Press, 2014. – ISBN 978-1-4822-0461-4.

9 **d'Ambrosio Alfano, F. R.** Thermal Environment Assessment in Train Cabins / F. R. d'Ambrosio Alfano, B. I. Palella, G. Riccio // Applied Ergonomics. – 2011. – Vol. 42, No. 2. – P. 235–245. – DOI 10.1016/j.apergo.2010.07.005.

10 **Budd, G. M.** Wet-Bulb Globe Temperature (WBGT)–Its History and Its Limitations / G. M. Budd // Journal of Science and Medicine in Sport. – 2008. – Vol. 11, No. 1. – P. 20–32. – DOI 10.1016/j.jsams.2007.07.003.

11 **Vimalanathan, K.** The Effect of Indoor Office Environment on Work Performance, Health and Well-Being of Office Workers / K. Vimalanathan, T. R. Babu // Ergonomics. – 2014. – Vol. 57, No. 8. – P. 1166–1177. – DOI 10.1080/00140139.2014.926794.

12 **ISO 7243:2017.** Ergonomics of the thermal environment – Assessment of heat stress using the wet bulb globe temperature (WBGT) index. – URL: <https://clck.ru/3ULYiJ> (date of access: 06/10/2026).

13 **Lin, Yang.** Thermal comfort analysis of a high-speed train cabin considering the solar radiation effects / Lin Yang, Xiangdong Li, Jiyuan Tu // International Journal of Sustainable Transportation. – 2019. – Vol. 29, Iss. 8. – P. 685–701. – DOI 10.1177/1420326X19876082.

Yu. Yu. Romanenko, Yu. I. Bulygin, I. A. Yaitskov

EXPERIMENTAL STUDIES OF MICROCLIMATIC CONDITIONS IN THE CABINS OF ELECTRIC LOCOMOTIVE DRIVERS TO IMPROVE WORKPLACE SAFETY SYSTEMS AND DEVICES AND INCREASE SAFE RAILWAY OPERATION

Abstract. The article presents the results of a statistical analysis of the microclimate parameters (temperature, the environmental heat load index – EHL-index) in the cabins of electric locomotive drivers of the EP1M, 2ES5K and VL-80 series. The study is based on data of a special assessment of electric locomotive crews' working conditions carried out at different times of the year. The methods of descriptive statistics and data visualization revealed that the empirical distributions of the studied parameters differ significantly from the normal one and represent a mixture of several components, each of which corresponds to a certain class of working conditions and is close to the normal distribution. It has been established that the effect of a heating microclimate poses a greater risk to locomotive crew members compared to the cooling one. The results of the work serve as the basis for the development and validation of mathematical models of heat and mass transfer, as well as for the design of microclimate normalization systems and devices in drivers' cabins to ensure workplace safety and safe railway operation of rolling stock.

Keywords: electric locomotive, microclimate conditions, WBGT-index (Wet Body Global Temperature), statistical analysis, workplace safety, locomotive crews, heat stress, safe railway operation.

For citation: Romanenko, Yu. Yu. Experimental studies of microclimatic conditions in the cabins of electric locomotive drivers to improve workplace safety systems and devices and increase safe railway operation / Yu. Yu. Romanenko, Yu. I. Bulygin, I. A. Yaitskov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobshcheniya. – 2026. – No. 2. – P. 113–123. – DOI 10.46973/0201-727X_2026_2_113.

Сведения об авторах

Романенко Юлия Юрьевна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), аспирант,
e-mail: romanenko.iulya@ya.ru

Бulygin Юрий Игоревич

Донской государственный технический университет (ДГТУ), кафедра «Безопасность жизнедеятельности и защиты окружающей среды», доктор технических наук, профессор,
e-mail: bulyur_rostov@mail.ru

Яицков Иван Анатольевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство», доктор технических наук, профессор, декан электромеханического факультета,
e-mail: yia@rgups.ru

Information about the author

Romanenko Yuliya Yuryevna

Rostov State Transport University (RSTU), Postgraduate Student,
e-mail: romanenko.iulya@ya.ru

Bulygin Yuri Igorevich

Don State Technical University (DSTU), Chair “Life Safety and Environmental Protection”, Doctor of Engineering Sciences, Professor,
e-mail: bulyur_rostov@mail.ru

Yaitskov Ivan Anatolievich

Rostov State Transport University (RSTU), Chair “Car and Car Facilities”, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Dean of the Electromechanical Department,
e-mail: yia@rgups.ru