

УДК 629.4.06

А. В. Илларионов, П. Ю. Коновалов, Н. В. Талахадзе, А. А. Бахтин, С. В. Попузина

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА САЛОНОВ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ СЕРИИ ЭД9М¹

Аннотация. В настоящей статье была рассмотрена проблема отсутствия современных систем обеспечения микроклимата салонов в электропоездах серии ЭД9М. Так же были представлены расчеты, на основании которых возможна модернизация представленного подвижного состава с целью повышения качества проезда пассажиров [1]. Предложены современные системы, которые могут быть внедрены в данную серию электропоездов.

Ключевые слова: электрический транспорт железных дорог, моторвагонный подвижной состав, электропоезда, ЭД9М, модернизация, система микроклимата, холодопроизводительность, теплотехнический расчет.

Для цитирования: Модернизация системы обеспечения микроклимата салонов электропоездов серии ЭД9М / А. В. Илларионов, П. Ю. Коновалов, Н. В. Талахадзе и др. // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 94 – 101.

Современные требования к перевозкам пассажиров с точки зрения комфорта, заставляет в серьез задуматься об оснащении электропоездов серии ЭД9М современной системой поддержания микроклимата салонов, особенно на фоне эксплуатируемого современного моторвагонного подвижного состава серии ЭПЗД. В настоящее время на сети ОАО «РЖД» эксплуатируется более 200 единиц электропоездов серии ЭД9М, из них 45 единиц эксплуатируется на СКЖД.

В настоящее время на эксплуатируемых электропоездах серии ЭД9М для поддержания микроклимата внутри вагонов применяется система вентиляции с принудительной подачи воздуха, а также электрокалориферная система отопления салонов (рисунок 1).

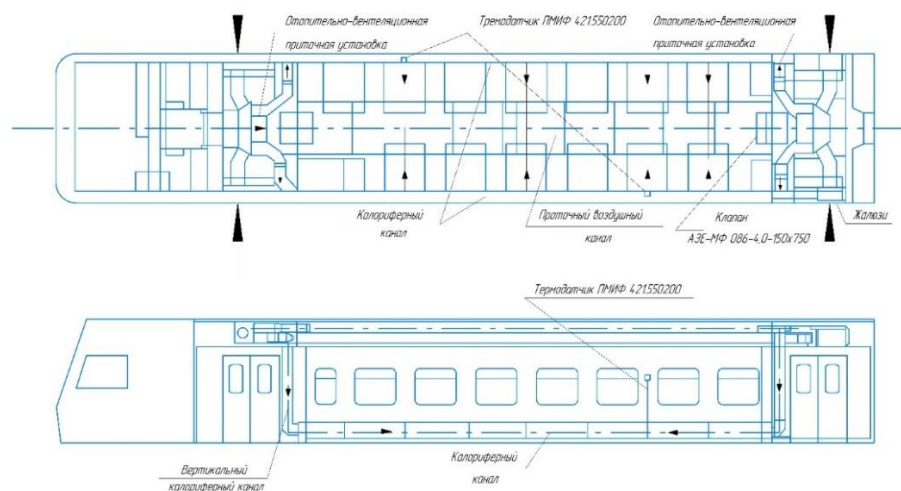


Рис. 1. Вентиляция и электрокалориферное отопление салона ЭД9М

Основная функция вентиляционно-отопительной установки (ОВПУ) заключается в обеспечении комфортного микроклимата в салонах электропоезда, что особенно важно при перевозке пассажиров, она позволяет бесперебойно обеспечивать салоны свежим воздухом в летние сезоны, а также поддерживать комфортную температуру в зимний период времени. [2-3]

Технические характеристики моноблочной отопительно-вентиляционной установки ОВПУ – 2500 – 3000/628 – 25 – 01РЭ (рисунок 2). В технических данных указана производительность не менее чем 2500 м³/ч, при этом вырабатываемый уровень шума равен не более 55 дБ. Питание вентилятора осуществляется через 3 фазы, 220 В, а максимальная потребляемая мощность калорифера варьируется от 12,1 кВт и до 28, 6 кВт при наличии 2 секций нагревательных элементов. Также ОВПУ имеет двухпозиционное управление заслонками, которые имеют три положения: «Зима», «Переходной режим», «Лето», работает при температурах от минус 50 до плюс 40 и имеет массу не более 125 кг.

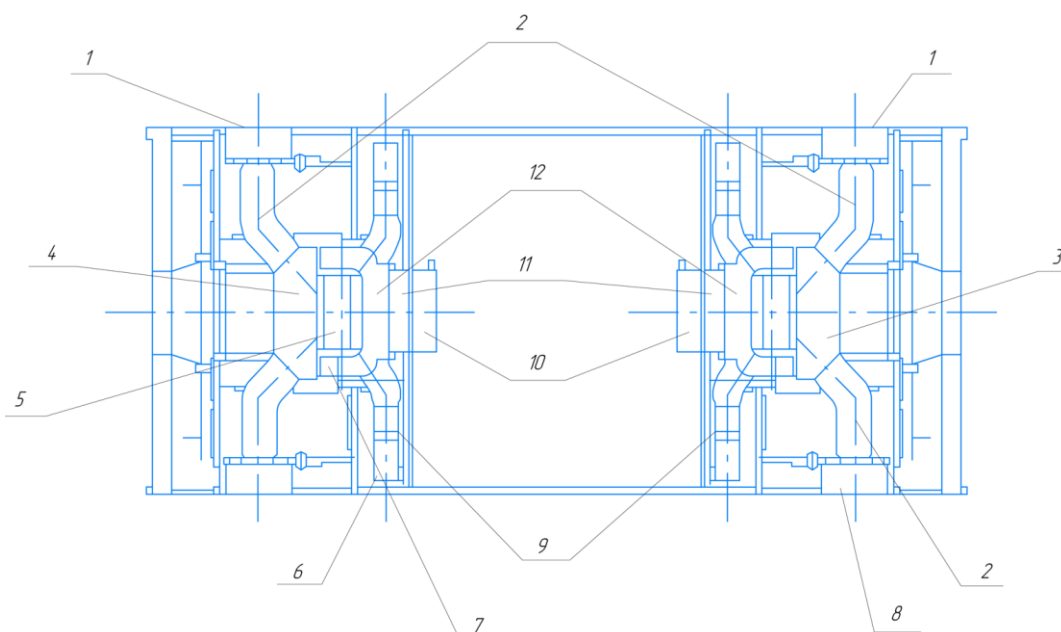


Рис. 2. Система отопления и вентиляции салонов с помощью ОВПУ

Составными частями отопительно-вентиляционной приточной установки (рисунок 2) являются: 1) жалюзи; 2) воздуховод наружного воздуха; 3) отопительно-вентиляционная приточная установка; 4) смесительная камера; 5) электрокалорифер; 6) вертикальный калориферный канал; 7) воздуховод рециркуляции; 8) воздухозаборная камера; 9) клапан АЗЕ-МФ 086-4,0-250×250; 10) клапан АЗЕ-МФ 086-4,0-150×750; 11) гибкий патрубок; 12) коллектор-распределитель.

Вся климатическая установка электропоезда ЭД9М работает в трех режимах:

- «Вентиляция»;
- «Прогрев»;
- «Отопление».

Общий принцип работы установки осуществляется путем всасывания воздуха из окружающей среды с помощью вентилятора через заборные жалюзи. В зависимости от температуры наружного воздуха, которая определяется с помощью датчиков, измеряющих внешнюю температуру воздуха, устанавливается один из трех положений заслонки «Зима», «Переходной режим», «Лето», далее по алгоритму происходит автоматическая регулировка от полученных сигналов температурных датчиков, расположенных в салоне электропоезда.

Управление системой осуществляется из кабины машиниста с помощью панели управления обогревом и вентиляций ПОУ – 5КМ, она позволяет управлять калориферами, режимами и положениями заслонок.

Хотя применяемая на электропоездах серии ЭД9М установка ОВПУ в современных реалиях уже во многом устарела, а именно не позволяет в достаточной степени обеспечивать салон электропоезда холодным воздухом, что в летний сезон является одним из важнейших критериев комфортности для пассажиров [4], все же установка ОВПУ – 2500 – 3000/628 – 25 – 01РЭ имеет, как ряд преимуществ, так и недостатков, которые нельзя не замечать.

Такими преимуществами можно отнести высокую надежность и долговечность самой установки, а также ее высокую устойчивость к любым условиям эксплуатации. Зимний сезон установка может обеспечивать стабильно-комфортную температуру для пассажиров, даже при критически низких температурах за счет достаточно мощной электрокалориферной системы отопления.

К минусам данной климатической установки можно отнести то, что при достаточно большой заполняемости вагона электропоезда пассажирами при эксплуатации в сезон высоких температур ОВПУ в недостаточной степени может обеспечивать качество воздуха в салоне согласно требованиям для комфортных перевозок, также в летний при пиковых значения температуры окружающего среды возможны перегревы системы, что может понизить ее эффективность. К негативным факторам можно отнести и тот факт, что установка способна накапливать посторонние запахи. В зимний период у климатической установки наблюдаются проблемы, связанные с обледенением забортных воздухозаборников и наружных датчиков температуры. Для обеспечения комфортных температур при нагревании салонного воздуха калориферными установками, влажность воздуха существенно снижается, что в свою очередь также является причиной снижения комфорта пребывания пассажиров в салоне электропоезда. [5]

Анализируя все плюсы и минусы данной климатической установки, можно сказать, что на момент внедрения в эксплуатацию на моторвагонном подвижном составе ОВПУ данного класса являлась рациональным техническим решением. Но в настоящее время она перестала отвечать критериям, которые характеризуют высокий показатель комфортности для пассажиров. Так как согласно СанПиН 2.5.1198-03 [6] температуры которые принято считать комфортными в летний период времени находятся в пределах до плюс 40°C с перепадом не менее 12°C, а при температуре до плюс 33°C перепад не менее 6, в зимний период для МВПС температура должна поддерживаться от 11°C до 15°C выше нуля. На основании требований СанПиН и технических возможностей ОВПУ можно сделать выводы, что данная климатическая установка, хоть и справляется с поддержанием указанного диапазона температур в зимний период, но при этом она не способна обеспечивать необходимые значения температур в летний сезон, когда средняя температура в регионах, где эксплуатируются поезда серии ЭД9М, в пике может достигать 40-43 градусов и выше [7-9].

Были проведены расчеты для определения значений необходимых для дальнейшего вычисления холодопроизводительности климатической установки, способной создавать и поддерживать параметры микроклимата в салоне электропоезда ЭД9М, обеспечивая высокий уровень комфорта перевозок пассажиров. [10, 11]

В первую очередь установка кондиционирования воздуха предназначена для поддержания комфортно-допустимых температур в салоне электропоезда. Комфорт при проезде подразумевает наличие следующих критериев:

- Температура в салоне в летний период времени должна находиться в пределах до плюс 40°C с перепадом не менее 12°C, а при температуре до плюс 33°C перепад не менее 6, при этом зимой разница температур должна варьироваться от 11 до 15°C;
- Влажность в вагоне не должна превышать 60%, но и не быть ниже 30%;

• Перепад температур по всему салону электропоезда не должен превышать значение 3°C.

При проведении расчетов, определяющих необходимую холодопроизводительность также были найдены необходимые параметры для получения итогового результата.

Для начала была найдена площадь всех элементов кузова F_i .

$$F_{кр} = 3522 \cdot 21550 = 75,9 \text{ м}^2,$$

$$F_{пол} = 3522 \cdot 21550 = 75,9 \text{ м}^2,$$

$$F_{ст} = 2900 \cdot 21550 = 62,5 \text{ м}^2,$$

$$F_{тор} = 3522 \cdot 2900 = 10,2 \text{ м}^2,$$

$$F_{ок} = 1134 \cdot 930 = 1,05 \text{ м}^2.$$

Данные значения были необходимы для нахождения фактического расчетного коэффициента теплоотдачи элементов $K_{пр}$ (факт), получение значение которого было равно 0,87 Вт/м² · К. В последствии данное значение помогло найти общий теплоприток, включая поступления тепла через ограждения кузова и тепловыделения внутри вагона Q_0 , где он составил 28854 Вт.

Определим температуру воздуха на выходе из воздухоохладительного агрегата $t_{п}$, °C:

$$t_{п} = t_{в} - \frac{Q_0}{C_p \cdot p \cdot (V_{н} + V_{р})}$$

где Q_0 – общий теплоприток, включая поступления тепла через ограждения кузова и тепловыделения внутри вагона, принимаем $Q_0 = Q_{изб}$, Вт;

$V_{н}$ – объем наружного воздуха при температуре $t_{н} = 34$ (среднее значение температуры воздуха для Ростова-на-Дону и Ростовской области за 2023-2024 год) принимаем $V_{н}=1000$ м³/ч

$V_{р}$ – объем рециркуляционного воздуха при температуре $t_{н} = 24$ принимаем $V_{р}=3000$ м³/ч

$$t_{п} = 24 - \frac{28854}{1,04 \cdot 1,29 \cdot (1000 + 3000)} = 19,6 \text{ °C}$$

Определим температуру смеси воздуха, поступающего в испаритель, $t_{см}$, °C:

$$t_{см} = \frac{V_{н}}{V_{н} + V_{р}} t_{н} + \frac{V_{р}}{V_{н} + V_{р}} t_{в} + \frac{Q_v}{C_p \cdot p (V_{н} + V_{р})}$$

где Q_v – мощность вентиляторов, кДж/ч. Принимаем за прототип установку СОМ.ТСП-56-РА3 у которой установлены 2 вентилятора суммарной мощностью 2,2 кВт или 7920 кДж/ч.

$$t_{см} = \frac{1000}{1000 + 3000} \cdot 34 + \frac{3000}{1000 + 3000} \cdot 24 + \frac{7920}{1,04 \cdot 1,29(1000 + 3000)} = 27,9 \text{ °C}$$

Рассчитаем сколько содержится влаги в смеси до охлаждения в испарителе $x_{см}$:

$$x_{\text{см}} = \frac{V_{\text{н}}}{V_{\text{н}} + V_{\text{р}}} x_{\text{н}} + \frac{V_{\text{р}}}{V_{\text{н}} + V_{\text{р}}} \cdot \left[x_{\text{п}} + \frac{G_{\text{пар}}}{p(V_{\text{н}} + V_{\text{р}})} \right]$$

где $x_{\text{н}}$ – влагосодержание наружного воздуха принимаем равным 0,0188
 $x_{\text{п}}$ – влагосодержание рециркуляционного воздуха принимаем равным 0,0098

$$x_{\text{см}} = \frac{1000}{1000 + 3000} 0,0188 + \frac{3000}{1000 + 3000} \cdot \left[0,0098 + \frac{7,19}{1,29(1000 + 3000)} \right] = 0,0091$$

Влагосодержание воздуха в салоне $x_{\text{в}}$:

$$x_{\text{в}} = x_{\text{п}} + \frac{G_{\text{пар}}}{p(V_{\text{н}} + V_{\text{р}})}$$

$$x_{\text{в}} = 0,0098 + \frac{7,19}{1,29(1000 + 3000)} = 0,0112$$

Рассчитаем необходимую холодопроизводительность установки кондиционирования Q_x , Вт:

$$Q_x = p \cdot (V_{\text{н}} + V_{\text{р}}) \cdot (I_{\text{см}} - I_{\text{р}})$$

где $I_{\text{р}}$ – значение энтальпии воздуха, значение которой принимаем равное 50 кДж/кг;
 $I_{\text{см}}$ – значение энтальпии воздушной смеси принято для данной установки равным 55,96 кДж/кг

$$Q_x = 1,29 \cdot (1000 + 3000) \cdot (55,96 - 48) = 41073,6 \text{ Вт} \approx 41,3 \text{ кВт.}$$

По итогам расчет можно сделать вывод что для охлаждения салона электропоезда серии ЭД9М, требуемая холодопроизводительность должна быть не меньше расчетного значения равного $Q_x = 41,3$ кВт.

Исходя из полученных данных и анализируя наличие на рынке компаний занимающихся производством систем обеспечения микроклимата, имеет место сравнение и выбор систем, наиболее подходящих по ряду критерий и возможности их внедрения.

На основании теоретических расчетов, проведенных в ходе выпускной квалификационной работе полученное значение необходимой холодопроизводительности установки кондиционирования должно составлять не менее 41,3 кВт. Данное значение является минимально допустимым, при выборе установки обеспечения микроклимата салонов электропоезда ЭД9М.

Установки, которые были приняты, как максимально подходящие, являются продуктом группы компаний «Ключевые Системы и Компоненты» (ГК КСК) созданная в 2017 году и входящая в холдинг «Транскомпонент». Опираясь на данные указанные на сайте компании, она предоставляет возможность адаптации под требования заказчика, что может поспособствовать облегчению процесса внедрении современных систем обеспечения микроклимата в электропоезд ЭД9М, тем самым упрощая процесс модернизации.

Первая из установок которая может является заменой, установленной в настоящее время ОВПУ – 2500 – 3000/628 – 25 – 01РЭ, является СОМ.ТС-48-ЭС2Г (рисунок 3)

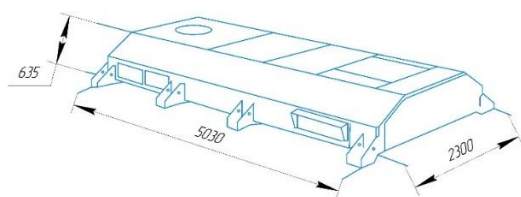


Рис. 3. Система обеспечения микроклимата салонов СОМ.ТС-48-ЭС2Г

Основные технические характеристики:

- Холодопроизводительность – 48 кВт;
- Теплопроизводительность – 62 кВт;
- Напряжение питания – 3 АС 400 В 50Гц;
- Хладагент – R134a;
- Масса – 1200 кг.

Пример второй установки и наиболее подходящей является СОК.ГЭП, Система обеспечения климата городского электропоезда СОК ГЭП предназначена для поддержания требуемых параметров микроклимата в салонах вагонов городского электропоезда ЭГ2 «Иволга» (рисунок 4).

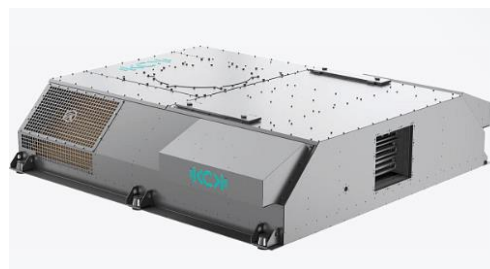
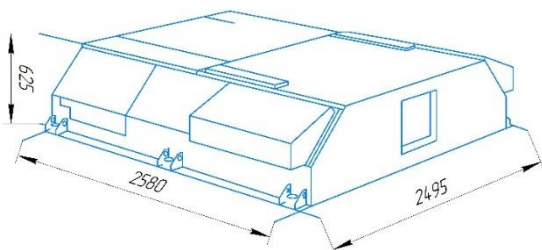


Рис. 4. Система обеспечения микроклиматом СОК ГЭП

Основные технические характеристики:

- Холодопроизводительность – 56 (28·2) кВт;
- Теплопроизводительность – 60 (30·2) кВт;
- Напряжение питания – 3 АС 380 В 50 Гц,
- Хладагент – R407с;
- Масса – 1015 (507,5·2)

Наиболее рациональной системой микроклимата для модернизации электропоезда ЭД9М может являться СОК.ГЭП в отличие от СОМ.ТС-48-ЭС2Г. Основным критерием при выборе является конструкционная особенность первой установки, которая располагается в двух тамбурах одного вагона, по примеру эксплуатируемой на данный момент ОВПУ – 2500 – 3000/628 – 25 – 01РЭ, что в отличие от СОМ.ТС-48-ЭС2Г, которая в случае внедрения будет размещаться в одной из частей вагона, тем самым нарушая развеску вагона. Также к плюсам установки СОК.ГЭП можно отнести более высокую холодопроизводительность, что в свою очередь позволит обеспечить работу системы не в максимальную мощность, но достигать необходимых параметров температур за более короткий промежуток времени.

Библиографический список

1. Стратегия научно-технического развития холдинга РЖД на период до 2025 года и на период до 2030 года (Бела книга): [утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 17.04.2018 №769/р.
2. Романов, Д. И. (2019). «Основы проектирования систем вентиляции и кондиционирования в подвижном составе». Учебник для вузов. Москва: Высшая школа. – 350 с.
3. Жариков, В. А. «Климатические системы пассажирских вагонов». М: ТРАНСИНФО, 2006. 1 35 с.
4. Сачков, В. И., Кузнецов, А. В. (2020). «Современные подходы к обеспечению комфорта пассажиров в электро- и дизельподвижном составе». Москва: Транспорт. – 240 с.
5. ГОСТ 33463.1-2015 «Системы жизнеобеспечения на железнодорожном подвижном составе. Часть 1. Методы испытаний по определению параметров микроклимата и показателей эффективности систем обеспечения микроклимата». 20 16-65с.
6. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 04.03.2003 N 12 (ред. от 10.06.2016) "О введении в действие "Санитарных правил по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте СП 2.5.1198-03" (вместе с "СП 2.5.1198-03. 2.5. Гигиена и эпидемиология на транспорте. Санитарные правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте. Санитарно-эпидемиологические правила", утв. Главным государственным санитарным врачом РФ (03.03.2003)
7. Дайлидко А. А., Ветров Ю. Н., Брагин А. Г. Конструкция электропоездов и электропоездов: учеб. пособие. — М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. — 348 с.
8. Ковалев, М. Н. (2021). «Электропоезда ЭД9М: проектирование, эксплуатация и модернизация». Санкт-Петербург: Издательство РЖД. – 280 с.
9. Ананьев В. А., Балужева Л. Н., Гальперин А. Д., и др. «Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика». Учебное пособие – М.: «Евроклимат», издательство «Арина», 2000 –416с.
10. Ворон, О. А. Хладотранспорт и основы теплотехники// О. А. Ворон и др./ Монография: ФГБУ ДПО УМЦ ЖД, 2019. – 360 с.
11. Баланов, И. А. Статистический анализ параметров микроклимата кабин автотрис / И. А. Баланов, И. А. Яицков // Обеспечение безопасности: производственной, пожарной, экологической: Материалы I Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 12–13 декабря 2023 года. – Ростов-на-Дону: Индивидуальный предприниматель Беспамятнов Сергей Владимирович, 2023. – С. 53-55. – EDN OHRZPI.

A. V. Illarionov, P. Y. Konovalov, N. V. Talakhadze, A. B. Bakhtin, S. S. Popuzina

MODERNIZATION OF THE MICROCLIMATE CONTROL SYSTEM FOR ELECTRIC TRAINS OF THE ED9M SERIES

Abstract. In this article, the problem of the lack of modern systems for providing the microclimate of trains in electric trains of the ED9M series was considered. Calculations were also presented, on the basis of which it is possible to modernize the presented rolling stock in order to improve the quality of passenger travel. Modern systems that can be implemented in this series of electric trains are proposed.

Keywords: electric railway transport, motor-car rolling stock, electric trains, ED9M, modernization, microclimate system, cooling capacity, heat calculation.

For citation: Modernization of the Microclimate Control System for Electric Trains of the ED9M Series / A. V. Illarionov, P. Y. Konovalov, N. V. Talakhadze at al.

// Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. 2025. – № 1. – P. 94– 101.

Сведения об авторах**Илларионов Алексей Викторович**

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
доцент,
e-mail: burjuy1981@mail.ru

Коновалов Павел Юрьевич

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
кандидат технических наук,
доцент,
e-mail: pashafromru@yandex.ru

Талахадзе Наталья Владимировна

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
ассистент,
e-mail: llh@rgups.ru

Бахтин Аким Александрович

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
студент,
e-mail: akimbahtin@yandex.ru

Попузина Софья Станиславовна

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
Техникум РГУПС,
студент,
e-mail: popfoxsofa@gmail.com

Information about the authors**Illarionov Alexey Viktorovich**

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Associate Professor,
e-mail: burjuy1981@mail.ru

Konovalev Pavel Yurievich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
e-mail: pashafromru@yandex.ru

Talakhadze Natalia Vladimirovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Assistant,
e-mail: llh@rgups.ru

Bakhtin Akim Alexandrovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Traction Rolling Stock»,
Student,
e-mail: akimbahtin@yandex.ru

Popuzina Sofya Stanislavovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Technical school RSTU,
Student,
e-mail: popfoxsofa@gmail.com