

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ, БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

УДК 629.4.02

DOI 10.46973/0201-727X_2024_2_8

*И. К. Сергеев, А. В. Пищик***ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СДВОЕННЫХ ЭЛАСТОМЕРНЫХ И РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОГЛОЩАЮЩИХ АППАРАТОВ НА ДЛИННОБАЗНЫХ ВАГОНАХ-ПЛАТФОРМАХ**

Аннотация. Рассмотрены особенности условий эксплуатации длиннобазных вагонов-платформ, а также проанализированы основные причины отказов эластомерных поглощающих аппаратов. Предложены и обоснованы наиболее рациональные пути снижения нагруженности длиннобазных вагонов-платформ при перевозке особо ценных грузов. Проведен анализ изменений температуры окружающей среды при следовании контейнерных поездов из Центральной части России в Республику Саха (Якутия), предложены пути обеспечения безотказной работы эластомерных и резинометаллических поглощающих аппаратов. Предложена расчетная модель для исследования работы последовательно расположенных (сдвоенных) поглощающих аппаратов. Обоснована необходимость применения методов компьютерного моделирования для проверки эффективности предложенной схемы расположения поглощающих аппаратов.

Ключевые слова: грузовые вагоны, динамика вагонов, особо ценные грузы, поглощающие аппараты, ускоренные контейнерные поезда, железные дороги Якутии.

Для цитирования: Сергеев, И. К. Эффективность применения сдвоенных эластомерных и резинометаллических поглощающих аппаратов на длиннобазных вагонах-платформах / И. К. Сергеев, А. В. Пищик // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 2. – С. 8–14. – DOI 10.46973/0201-727X_2024_2_8.

Введение

Решение задач продольной динамики грузовых вагонов является одним из ключевых направлений железнодорожной науки [1]. Реализация указанных задач достигается путём разработки перспективных грузовых вагонов и их узлов, включая ударно-поглощающие устройства (поглощающие аппараты).

Для снижения динамических нагрузок, особенно при маневровом соударении, разработано несколько вариантов поглощающих аппаратов с более «мягкой» (полной) характеристикой. К числу таких относятся гидрогазовые, гидрорезиновые и некоторые эластомерные поглощающие аппараты.

Однако некоторые из перечисленных направлений требуют коренного изменения конструкции путем применения в ударно-поглощающих устройствах пневматических и гидравлических цилиндров, а также использования высокопрочных марок стали. Применение гидрорезиновых и эластомерных поглощающих аппаратов сдерживалось необходимостью использования специальных материалов (рабочего тела) для обеспечения безотказной работы при низких температурах ($-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ и менее).

Основная часть

Стремительный рост контейнерных перевозок привёл к значительному увеличению на сети вагонов-платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров. В течение последних 15 лет отечественными вагоностроителями налажен выпуск широкого модельного ряда указанных типов вагонов. Вагоностроители выпускают вагоны-платформы, оборудованные поглощающими аппаратами классов Т1, Т2 и Т3. Всё большее распространение получают поглощающие аппараты повышенной энергоёмкости (эластомерные поглощающие аппараты) классов Т2 и Т3. При этом необходимо отметить, что не вся нормативная документация учитывает современные реалии организации перевозок. Например, Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [2] не учитывают особых требований для обеспечения сохранности перевозки особо ценных грузов. К категории особо ценных относят следующие грузы: изделия из фарфора, высокотехнологическое промышленное и бытовое оборудование, спутники, культурные ценности, узлы и детали самолетов, антиквариат и др.

На вагонах пассажирского парка широкое распространение получили резинометаллические аппараты Р-2П и Р-5П, а аппарат Р-4П – на рефрижераторном подвижном составе (в рефрижераторных

секциях последних годов выпуска применялись поглощающие аппараты ПМК-110А). Опыт применения поглощающих аппаратов Р-4П и Р-5П позволяет рассматривать возможность их использования в конструкции длиннобазных вагонов-платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров. Полагаем, что первоначально применение указанных аппаратов в конструкции длиннобазных вагонов-платформ целесообразно внедрить на том подвижном составе, который следует по замкнутым кольцевым маршрутам (например, Москва – Владивосток – Москва) и практически не пропускается через горочные комплексы (сортировочные горки). Это обстоятельство позволит исключить (снизить) влияние нагрузок, которые воспринимает вагон при прохождении горочных комплексов (сортировочных горок). Необходимо подчеркнуть, что применение поглощающих аппаратов Р-4П и Р-5П рассматривается с учетом применения их совместно с эластомерными поглощающими аппаратами (последовательно расположенные (сдвоенные) поглощающие аппараты) с целью обеспечения необходимой суммарной энергоемкости, что обусловлено требованиями безопасности.

Поглощающий аппарат Р-5П (рис. 1) разрабатывался для перспективных условий эксплуатации пассажирских вагонов, отличительной особенностью указанного аппарата от Р-2П является то, что поперечные размеры резинометаллических элементов увеличены, а их толщина уменьшена до 33 вместо 41 мм. В поглощающем аппарате Р-4П резинометаллические элементы подобны элементам, применяемым в аппарате Р-2П. Отличием является то, что в аппарате Р-4П применяются резинометаллические элементы толщиной 24,2 мм [3]. Одним из ученых [4] проведены исследования продольной динамики подвижного состава при использовании поглощающих аппаратов Р-5П. Анализ расчетов, полученных по уравнениям регрессии, которые найдены из условия наилучшей аппроксимации экспериментального ряда точек, полученных при динамических испытаниях, показал эффективность применения указанных аппаратов в нормальных условиях эксплуатации.

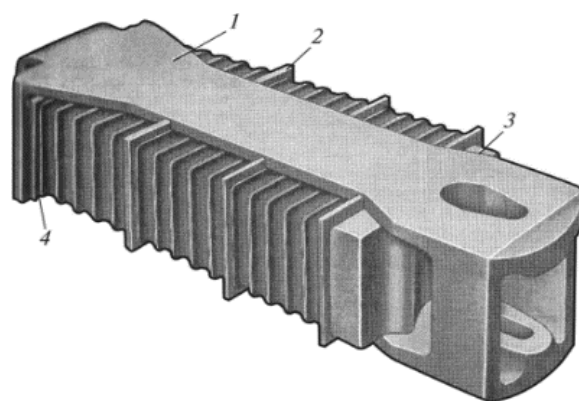


Рис. 1. Резинометаллический поглощающий аппарат Р-5П:

1 – корпус-хомут; 2 – промежуточные плиты; 3 – упорная плита; 4 – плита

В табл. 1 приводятся основные технические характеристики резинометаллических поглощающих аппаратов Р-4П и Р-5П.

Таблица 1

Основные параметры резинометаллических поглощающих аппаратов Р-4П и Р-5П

Параметр	Р-4П	Р-5П
Номинальная энергоемкость, кДж	28	40-50
Сила сопротивления при сжатии, МН	1,8	1,2
Коэффициент поглощения энергии	0,55	0,31–0,36
Конструктивный рабочий ход, мм	72	80

Проведенный анализ технических характеристик поглощающих аппаратов Р-4П и Р-5П показал, что их возможное применение на вагонах-платформах в обязательном порядке должно учитывать полигоны курсирования (включая перспективные) в разрезе значительного изменения температуры (её перепадов). Ключевым недостатком таких аппаратов является изменение диссипативных свойств резины в процессе старения под действием нагрузок, температуры и времени эксплуатации, что в свою очередь ухудшает силовую характеристику и уменьшает конструктивный рабочий ход поглощающих

аппаратов [5]. Особое внимание, на наш взгляд, должно уделяться изменению жесткости упругих элементов аппаратов при низких температурах.

Схожая ситуация наблюдается в процессе эксплуатации эластомерных поглощающих аппаратов при следовании длиннобазных вагонов-платформ по территории IV климатического пояса России [6], где средняя температура в зимний период может быть ниже отметки -60°C . В настоящее время АО «АК «Железные дороги Якутии» рассматривают проект строительства участка Нижний Бестях – Магадан (порт) [7]; уже проведены работы по предварительному изучению оптимальной трассировки нового участка железнодорожной магистрали. Указанный участок будет проходить через Оймяконский улус (район) Республики Саха (Якутия), где температура в зимний период может достигать отметки -70°C .

Данное обстоятельство обязывает обратить особое внимание на обеспечение безотказной работы железнодорожного подвижного состава, включая эффективную работу эластомерных и резинометаллических поглощающих аппаратов при низких температурах. В целях обеспечения стабильной работы ударно-поглощающих устройств целесообразно обеспечить рациональный выбор эластомерного материала и резинометаллических элементов, которые способны максимально эффективно диссипировать кинетическую энергию удара при различных температурных воздействиях.

Длиннобазные вагоны-платформы эксплуатируются в ускоренных контейнерных поездах, которые следуют по территории Российской Федерации со значительной маршрутной скоростью (среднее значение ~ 860 км/сутки). В связи с этим особое внимание, на наш взгляд, необходимо уделять контейнерным поездам, которые следуют из Центральной части России (Московская ж. д.) в Республику Саха (Якутия) по следующим железным дорогам: Московская, Горьковская, Свердловская, Западно-Сибирская, Красноярская, Восточно-Сибирская, Дальневосточная, АО «АК «Железные дороги Якутии». В табл. 2 приводится информация о климатических поясах России с привязкой к расположению в их границах вышеуказанных железных дорог.

Таблица 2

Расположение железных дорог в границах климатических поясов России

Климатический пояс	Железные дороги в границе пояса	Средняя температура зимой, $^{\circ}\text{C}$
II	Московская, Горьковская	$-9,7$
III	Свердловская, Красноярская, Западно-Сибирская, Восточно-Сибирская, Дальневосточная	-18
IV	АО «АК «Железные дороги Якутии» (железнодорожные станции Нерюнгри-Грузовая, Нижний Бестях и Алдан)	-41 (минимальная -60)

Анализируя указанные температурные показатели, можно сделать вывод, что при следовании ускоренных контейнерных поездов из Центральной части России в Республику Саха (Якутия) происходят существенные перепады температур (особенно при передаче вагонов с Дальневосточной ж. д. на АО «АК «Железные дороги Якутии»), что при совокупности эксплуатационных факторов может приводить к отказу эластомерных и резинометаллических поглощающих аппаратов. Неисправности поглощающих аппаратов исключают возможность гашения части энергии удара, увеличивают продольные силы, а также могут привести к повреждению особо ценных грузов.

Неисправности поглощающих аппаратов выявляются при проведении технического обслуживания грузовых вагонов на пунктах технического обслуживания и при выполнении плановых видов ремонта (деповской, капитальный). Критерии браковки поглощающих аппаратов регламентированы Инструкцией по техническому обслуживанию вагонов в эксплуатации (инструкция осмотрищику вагонов) № 808-2022 ПКБ ЦВ [8] и Инструкцией по ремонту и обслуживанию автосцепного устройства подвижного состава железных дорог [9]. Основные неисправности эластомерных поглощающих аппаратов приводятся в табл. 3.

Отказы эластомерных поглощающих аппаратов фиксируются на полигонах всех железных дорог, включая железнодорожные станции Беркакит (Нерюнгринский район Якутии) и Тында Дальневосточной железной дороги – филиал ОАО «Российские железные дороги», а также Нижний Бестях и Алдан АО «АК «Железные дороги Якутии».

Таблица 3

Наиболее распространенные неисправности эластомерных поглощающих аппаратов

Неисправность	Порядок браковки
Суммарный зазор между передним упором и упорной плитой и задним упором и корпусом аппарата более 5 мм	Является браковочным критерием в эксплуатации и при выполнении всех видов ремонта грузовых вагонов
Протечка эластомерной массы	Является браковочным критерием только при выполнении плановых видов ремонта грузовых вагонов, в эксплуатации не является браковочным критерием (при условии отсутствия просадки поглощающего аппарата)

По информации Проектно-конструкторского бюро вагонного хозяйства – филиала ОАО «Российские железные дороги», в 2023 году по неисправности «суммарный зазор эластомерного поглощающего аппарата более 5 мм» (код 352 Классификатора «Основные неисправности грузовых вагонов» К ЖА 2005 05) на железных дорогах стран СНГ и Балтии в текущий отцепочный ремонт было отцеплено 10,5 тыс. грузовых вагонов парка Российской Федерации, что на 15,9 % больше по сравнению с предыдущим годом [10]. Указанная статистика свидетельствует о необходимости применения организационно-технологических решений для обеспечения безотказной работы эластомерных поглощающих аппаратов.

Советом по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества (далее – Совет) проводится работа по обеспечению безотказной работы поглощающих аппаратов. Так, решением семьдесят шестого заседания Совета утверждено (с вводом в действие с 1 января 2023 года) Извещение № 2 об изменении Инструкции по ремонту и обслуживанию автосцепного устройства подвижного состава железных дорог, которое обязывает проводить силами сервисного центра капитальный (сервисный) ремонт поглощающих аппаратов со сроком службы более 16 лет в соответствии с требованиями нормативной документации производителей поглощающих аппаратов.

В настоящее время наиболее рациональным способом снижения нагруженности можно считать применение последовательно расположенных (сдвоенных) поглощающих аппаратов, что может позволить практически в два раза увеличить энергоемкость (в случае применения однотипных эластомерных и/или резинометаллических поглощающих аппаратов), а посредством применения двух разнотипных поглощающих аппаратов (эластомерный и резинометаллический) – повысить её. На рис. 2 приводится модель, которая может применяться для исследования динамических процессов соударения длиннобазных вагонов-платформ, оборудованных последовательно расположенными (сдвоенными) эластомерными и/или резинометаллическими поглощающими аппаратами.

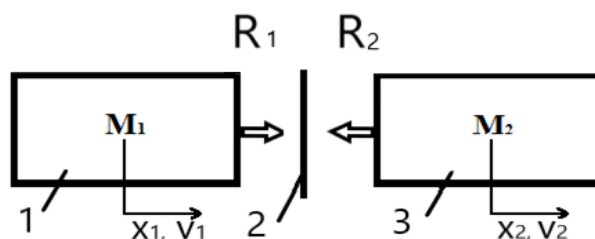


Рис. 2. Расчетная модель с последовательно расположенными (сдвоенными) поглощающими аппаратами:

1 – поглощающий аппарат № 1; 2 – промежуточная масса; 3 – поглощающий аппарат № 2

Пренебрегая промежуточной массой и принимая допущение, что скорость изменяется пропорционально величине деформации, получаем систему уравнений (1), которую можно использовать для целей численного интегрирования:

$$\begin{cases} R_1(\Delta x_1, \Delta v_1) = R_1(\Delta x_2, \Delta v_2) \\ \Delta x_1 + \Delta x_2 = x_2 - x_1 \\ \Delta v_1 + \Delta v_2 = v_2 - v_1 \\ \frac{\Delta v_2}{\Delta v_1} = \frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} \end{cases}, \quad (1)$$

где $R_{1,2}$ – реакции в поглощающих аппаратах № 1 и 2 соответственно;
 $\Delta x_{1,2}$ – величина деформации поглощающих аппаратов № 1 и 2 соответственно;
 $\Delta v_{1,2}$ – величина скорости деформации поглощающего аппарата № 1 и 2 соответственно;
 $x_{1,2}$ – величина перемещения поглощающих аппаратов № 1 и 2 соответственно;
 $v_{1,2}$ – величина скорости перемещения поглощающего аппарата № 1 и 2 соответственно.

Исследование работы последовательно расположенных (сдвоенных) поглощающих аппаратов целесообразно вначале выполнить, прибегнув к методам компьютерного моделирования, что позволит испытать предложенную в данной работе концепцию применения сдвоенных поглощающих аппаратов без значительных финансовых затрат. Подобный подход нередко используется отечественными специалистами для проверки научных гипотез [4]. Методика такого исследования может заключаться во внедрении составленной математической модели (1) как в специализированный программный комплекс (ПК), так и в собственную программу, спроектированную с помощью интегрированной среды разработки (IDE). При выборе первого подхода в качестве программного комплекса целесообразно использовать «Универсальный механизм» (УМ). Таким образом, перспективной научной разработкой данной темы является разработка модели вагона в ПК УМ, интеграция системы (1) внутрь составленной модели и дальнейшие её испытания посредством модуля UM Simulation, включенного в состав программного комплекса «Универсальный механизм».

Заключение

Задействование длиннобазных вагонов-платформ в контейнерных перевозках назначением в регионы России с крайне низкими температурами, на наш взгляд, обязывает обратить внимание собственников грузовых вагонов, железнодорожные администрации, вагоноремонтные предприятия на обеспечение безотказной работы эластомерных и резинометаллических поглощающих аппаратов. Обеспечение сохранности перевозки особо ценных грузов требует внесения изменений в конструкцию автосцепного устройства в части применения последовательно расположенных (сдвоенных) поглощающих аппаратов. При этом эффективность данного конструктивного решения на начальном этапе целесообразно оценить с помощью математического и компьютерного моделирования.

Список литературы

- 1 **Вершинский, С. В.** Динамика вагона : учебник для вузов ж.-д. транспорта / В. Н. Данилов, В. Д. Хусидов ; под ред. С. В. Вершинского. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Транспорт, 1991. – 360 с. – ISBN 5-277-00917-5.
- 2 Нормы для расчёта и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – Москва : ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 317 с. – URL: <https://dwg.ru/dnl/2822> (дата обращения: 12.04.2024).
- 3 **Лукин, В. В.** Вагоны. Общий курс : учебник / В. В. Лукин, П. С. Анисимов, Ю. П. Федосеев. – Москва : Маршрут, 2004. – 424 с. – ISBN 5-89035-106-0.
- 4 Моделирование нагруженности конструкции локомотива при лобовом столкновении с препятствием на железнодорожном пути : специальность 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга

References

- 1 **Vershinsky, S. V.** Dynamics of a car : textbook for railway transport universities / V. N. Danilov, V. D. Khusidov ; edited by S. V. Vershinsky. – 3rd ed., revised. and additional – Moscow : Transport, 1991. – 360 p. – ISBN 5-277-00917-5.
- 2 Standards for the calculation and design of 1520 mm gauge railway carriages of the Ministry of Railways (non-self-propelled). – Moscow : GosNIIV-VNIIZhT, 1996. – 317 p. – URL: <https://dwg.ru/dnl/2822> (date of access: 04/12/2024).
- 3 **Lukin, V. V.** Cars. General course : textbook / V. V. Lukin, P. S. Anisimov, Yu. P. Fedoseev // Moscow : Route, 2004. – 424 p. – ISBN 5-89035-106-0.
- 4 Modeling the loading of a locomotive structure during a head-on collision with problems on the railway track : specialty 05.22.07 «Railway roll-

поездов и электрификация» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Красюков Николай Федорович ; Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)). – Москва, 2020. – 152 с.

5 Прогнозирование демпфирующих свойств эластомерных элементов поглощающих аппаратов пассажирских вагонов / Н. М. Курзина, В. Н. Филиппов, А. В. Пищик [и др.] // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4. – С. 51–57. – ISSN 1818-5509.

6 Карта климатических поясов России // ГК «Авангард Сэйфети» : официальный сайт. – 2024. – URL: <https://www.avangard-sp.ru/services/karta-klimaticheskikh-poyasov/> (дата обращения: 12.04.2024).

7 Для строительства железной дороги до Магадана будут готовить местных специалистов // Первый республиканский информационно-аналитический портал «SakhaNews» («Новости Якутии») : официальный сайт. – 2024. – URL: <https://1sn.ru/dlya-stroitelstva-zeleznoi-dorogi-do-magadana-budut-gotovit-mestnyx-specialistov> (дата обращения: 12.04.2024).

8 Инструкция по техническому обслуживанию вагонов в эксплуатации (инструкция осмотрику вагонов) № 808-2022 ПКБ ЦВ : утверждена на 77-м заседании Совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества, (протокол от 08.12.2022 № 77). – 2022. – 200 с. – ISBN 979-5-902080-20-5.

9 Инструкция по ремонту и обслуживанию автоцепного устройства подвижного состава железных дорог : утверждена на 54-м заседании Совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества, (протокол от 18–19.05.2010 № 54). – 2010. – 96 с. – ISBN 978-5-16-013042-2.

10 **Агафонов, М. С.** Отцепки грузовых вагонов в неплановый ремонт за 2023 г. / М. С. Агафонов // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2024. – № 1. – С. 12–13. – ISSN 1817-6089.

ing stock, train traction and electrification» : dissertation for the degree of Candidate of Engineering Sciences / Krasuykov Nikolay Fedorovich ; Russian University of Transport (RUT (MIIT)). – Moscow, 2020. – 152 p.

5 Prediction of damping properties of elastomeric elements of tracking devices of passenger cars / N. M. Kurzina, V. N. Filippov, A. V. Pishchik [at al.] // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 4. – P. 51–57. – ISSN 1818-5509.

6 Map of climatic zones of Russia // Avangard Safety Group of Companies : official website. – 2024. – URL: <https://www.avangard-sp.ru/services/karta-klimaticheskikh-poyasov/> (date of access: 04/12/2024).

7 Local specialists will be trained for the construction of the railway to Magadan // First republican information and analytical portal «SakhaNews» («News of Yakutia») : official website. – 2024. – URL: <https://1sn.ru/dlya-stroitelstva-zeleznoi-dorogi-do-magadana-budut-gotovit-mestnyx-specialistov> (date of access: 04/12/2024).

8 Instructions for the maintenance of wagons in operation (instructions for wagon inspectors) No. 808-2022 PKB TsV : approved at the 77th meeting of the Council on Railway Transport of the Commonwealth Member States, (protocol dated 12/08/2022 No. 77). – 2022. – 200 p. – ISBN 979-5-902080-20-5.

9 Instructions for the repair and maintenance of automatic couplers of railway rolling stock : approved at the 54th meeting of the Council on Railway Transport of the Commonwealth Member States, (protocol dated 18–19.05.2010 No. 54). – 2010. – 96 p. – ISBN 978-5-16-013042-2.

10 **Agafonov, M. S.** Uncoupling of freight cars for unscheduled repairs for 2023 / M. S. Agafonov // Cars and carriage industry. – 2024. – No. 1. – P. 12–13. – ISSN 1817-6089.

I. K. Sergeev, A. V. Pishchik

THE EFFECTIVENESS OF THE USING COMBINED ELASTOMER AND RUBBER-METAL DRAFT GEARS ON LONG BASE PLATFORM CARS

Abstract. The paper considers some peculiarities of the operating conditions of long-wheelbase flatcars. It is analyzed the main reasons for the failure of elastomeric draft gears. The most rational ways to reduce the load on long-wheelbase flatcars are proposed and justified. An analysis of changes in ambient temperature during the passage of container trains from the Central part of Russia to the Republic of Sakha (Yakutia) was carried out, and ways to ensure trouble-free operation of elastomer and rubber-metal draft gears were proposed. A computational model is proposed to study the operation of sequentially located (double) draft gears. The necessity of using computer modeling methods to test the effectiveness of the proposed arrangement of draft gears is substantiated.

Keywords: freight cars, car dynamics, high-value commodities, draft gears, high-speed container trains, railways of Yakutia.

For citation: Sergeev, I. K. The effectiveness of the using combined elastomer and rubber-metal draft gears on long base platform cars / I. K. Sergeev, A. V. Pishchik // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 2. – P. 8–14. – DOI 10.46973/0201–727X_2024_2_8.

Сведения об авторах

Сергеев Иван Константинович

Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)),
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: sergeev.workmail@yandex.ru

Пищик Александр Всеволодович

Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)),
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,
прикрепленный для подготовки диссертации
на соискание ученой степени кандидата наук
без освоения программы подготовки
научных и научно-педагогических кадров в
аспирантуре,
e-mail: alexander.p96@mail.ru

Information about the authors

Sergeev Ivan Konstantinovich

Russian University of Transport (RUT (MIIT)),
Chair «Wagons and Wagons Economy»,
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: sergeev.workmail@yandex.ru

Pishchik Alexander Vsevolodovich

Russian University of Transport (RUT (MIIT)),
Chair «Wagons and Wagons Economy»,
Attached to prepare a dissertation for the scientific
degree of Candidate of Sciences without mastering
the program for training scientific
and scientific-pedagogical personnel
in graduate school,
e-mail: alexander.p96@mail.ru