

УДК 656.212

К вопросу закрепления вагонов при маневровой работе

В. И. Смирнов, С. А. Видюшенков

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Смирнов В. И., Видюшенков С. А. К вопросу закрепления вагонов при маневровой работе // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2025. — Т. 22. — Вып. 2. — С. 300–307. DOI: 10.20295/1815-588X-2025-2-300-307

Аннотация

Цель: Проверить возможность перекатывания вагонов через тормозные башмаки при маневрах с целью обеспечить корректный расчет необходимого числа тормозных башмаков при учете физических характеристик закрепляемого подвижного состава и параметров продольного профиля пути. **Методы:** Применены методы моделирования и анализа. Моделирование движения вагонного отцепа перед соударением основано на численном решении дифференциального уравнения. Анализ возможности перекатывания вагонов через тормозной башмак проводится с энергетической позиции. **Результаты:** Рассмотрен пример из эксплуатационной практики: движение группы из 25 груженных цистерн, ее соударение со стоящей на пути группой таких же груженных цистерн, состоящей из 41 вагона. При типовых условиях маневровой работы при проталкивании локомотивом состава, закрепленного башмаками, должно происходить скольжение башмака по рельсу. Однако на практике встречаются случаи так называемого «приваривания» башмака к рельсу, то есть резкого возрастания коэффициента трения, что приводит к перекатыванию колеса через башмак. Показано, что в условиях продавливания вагонного отцепа локомотивом возможно перекатывание колес через тормозной башмак. При ударе перескок колес вагонов через башмаки в рассмотренных условиях представляется маловероятным. Выполненные расчеты относятся к двубортным тормозным башмакам, в случае однобортных башмаков повышается вероятность его выброса при наезде колеса. Числовой пример рассмотрен в предположении, что колебания жидкости в цистернах практического влияния на динамику движения подвижного состава при маневровых скоростях оказать не могут, но при соударении вызывают рассеивание кинетической энергии. **Практическая значимость:** Приведенный анализ позволяет уточнить нормы и способы закрепления подвижного состава при маневрах на станции.

Ключевые слова: Тормозной башмак, вагонный отцеп, маневровая работа, уравнение движения, скорость соударения, энергия отцепа.

Введение

Несмотря на то, что в последние годы на станциях появились стационарные устройства для предотвращения самопроизвольного ухода вагонов [1, 2], тормозной башмак не теряет актуальности, так как позволяет закреплять подвижной состав в любом месте.

Различные варианты укладки тормозных башмаков рассмотрены в статье [3]. В работе [4]

предложена автоматизированная методика расчета норм закрепления подвижного состава на станционных железнодорожных путях с учетом скорости и направления ветра. Результаты компьютерного моделирования динамического взаимодействия колес с установленными на рельсах тормозными башмаками в процессе остановки вагона грузового поезда с применением стандартных тормозных башмаков приведены в работе [5].

В статье [6] представлено развитие методики расчета норм закрепления сочлененного и разнородного по длине подвижного состава.

В отличие от стационарного упора тормозной башмак представляет слабое препятствие при наезде и последующем движении группы вагонов, управляемой локомотивом. При большом количестве вагонов в группе машинист в силу значительной ее массы может даже не заметить установленные на пути башмаки. Такие случаи нередки в маневровой работе.

Моделирование движения вагонного отцепа

Рассмотрим с энергетической позиции возможность перекатывания вагонов через группу тормозных башмаков. Такой анализ удобно выполнить на примере, являющимся типичным в маневровой практике.

Первоначально оценим скорость движения группы из 25 груженых цистерн перед соударением ее со стоящей на пути группой таких же груженых цистерн, состоящей из 41 вагона. После толчка локомотива 25-вагонный отцеп приобретает скорость $V_0 = 1,5$ м/с и, двигаясь под уклон крутизной $i = 2$ ‰, проходит путь перед соударением $L = 65$ м.

Исходные данные для расчета следующие:

- масса груженой цистерны $m = 76,6$ т;
- масса группы из 25 груженых цистерн $M = 25 \cdot 76,6 = 1915$ т;
- количество осей в отцепе $n = 25 \cdot 4 = 100$;
- ускорение силы тяжести с учетом инерции вращения колес:

$$g' = \frac{Mg}{M + 0,925n}, \quad (g = 9,81 \text{ м/с}^2);$$

- основное удельное сопротивление движению вагонов в соответствии с Правилами тяговых расчетов [7] $w = 1$ Н/кН;
- скорость попутного ветра $V_B = 5$ м/с.

Уравнение движения отцепа имеет вид [8]:

$$V \frac{dV}{ds} + \text{sign}(V + V_B \cos \beta) \mu (V + V_B \cos \beta)^2 = \lambda, \quad (1)$$

где V — скорость движения;

V_B — скорость ветра;

β — угол между направлением ветра и осью пути, по которому движется отцеп (угол атаки);

s — пройденный путь (дуговая координата, $0 \leq s \leq L$, L — длина пробега отцепа);

λ, μ — параметры, расшифровка которых приведена ниже:

$$\lambda = g'(i - w \cdot 10^{-3}), \quad \mu = c / M,$$

c — аэродинамический коэффициент, т/м:

$$c = \frac{0,0667p}{287(273 + t^\circ)} \sum_{j=1}^N C_{xj} S_j,$$

где C_{xj} — коэффициент воздушного сопротивления j -го вагона;

S_j — площадь поперечного сечения j -го вагона, м²;

p — атмосферное давление, мм рт. ст.;

287 — удельная газовая постоянная для воздуха, Дж/(кг · К);

0,0667 — переводной коэффициент (масса вагона принимается в тоннах);

t° — расчетная температура воздуха, °С;

M — масса отцепа.

Функция $\text{sign}(x)$ определена следующим образом

$$\text{sign}(V + V_B \cos \beta) = \begin{cases} +1, & \text{если } V + V_B \cos \beta > 0; \\ 0, & \text{если } V + V_B \cos \beta = 0; \\ -1, & \text{если } V + V_B \cos \beta < 0. \end{cases}$$

Уравнение (1) решалось численным методом при следующем начальном условии: $V = V_0 = 1,5$ м/с при $t = 0$ — время. Температура воздуха принята равной $t^\circ = +17$ °С, атмосферное давле-

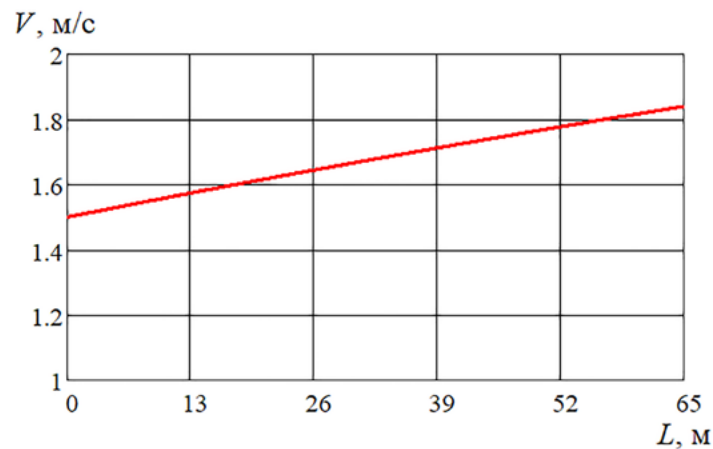


Рис. 1. Зависимость скорости 25-вагонного отцепа от расстояния пробега

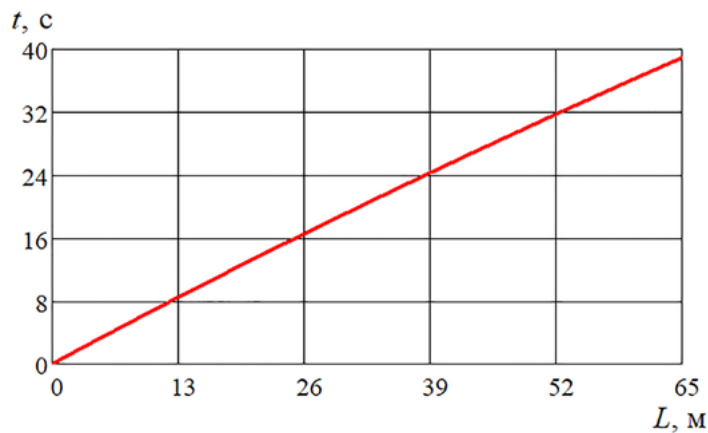


Рис. 2. Зависимость продолжительности движения 25-вагонного отцепа от расстояния пробега

ние $p = 760$ мм рт. ст., $\beta = 20^\circ$, $C_x = 0,96$, $S = 9,8$ м². Кривая времени определена интегрированием скорости:

$$t(s) = \int_0^s \frac{dx}{V(x)}.$$

График изменения скорости движения 25-вагонного отцепа приведен на рис. 1, а график времени движения — на рис. 2. Вычисления показывают, что скорость отцепа к моменту сцепления составляет 1,84 м/с, или 6,62 км/ч, что намного меньше допустимой скорости входа на тормозной башмак (4,5 м/с, или 16,2 км/ч, по ГОСТ 22235—76 [9]), то есть скорость соударения (сцепления) вагонов не представляет угрозы перескакивания колес через башмаки, даже при

наезде отцепа на башмаки при отсутствии стоящих вагонов, так как начальная скорость сцепившегося 66-вагонного отцепа будет составлять 25/66 скорости, которую имел 25-вагонный отцеп перед соударением.

Кинетическая энергия 25-вагонного отцепа перед соударением со скоростью 1,84 м/с равна:

$$T = \frac{MV^2}{2} = \frac{1915 \cdot 1,84^2}{2} = 3,24 \text{ МДж}.$$

Энергоемкость поглощающих аппаратов грузовых вагонов составляет порядка 70 кДж. Поглощающие аппараты 41-вагонного отцепа (81 шт.) способны поглотить 5,67 МДж энергии.

Некоторая доля энергии расходуется на возбуждение продольных колебаний в сформирован-

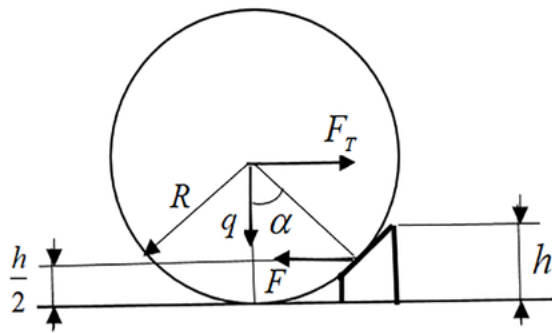


Рис. 3. Схема контакта колеса с тормозным башмаком

ном после соударения 66-вагонном составе (часть кинетической энергии 25-вагонного отцепа переходит в энергию продольных волн в хребтовых балках цистерн).

Кроме того, поскольку центры тяжести цистерн находятся выше осей автосцепок, в составе возбуждаются связанные колебания подергивания и галопирования (часть поступившей энергии переходит в эти колебания). Помимо этого, полагая, что определенная часть цистерн не полностью заполнена жидкостью, считаем, что некоторая доля энергии переходит в энергию колебательных движений жидкости в указанных цистернах. Часть энергии также рассеивается на вибрацию рельсошпальной решетки и земляного полотна. В таких условиях вся энергия 25-вагонного отцепа полностью рассеивается, и после соударения сцепившиеся вагоны останавливаются.

Оценим теперь скорость 25-вагонного отцепа, при которой может начаться движение сцепившихся вагонов. Если все упруго-фрикционные аппараты 41-вагонного неподвижного отцепа раскрыты (все автосцепки осаживаемого 25-вагонного отцепа предполагаются закрытыми) и суммарное рассеяние энергии на все перечисленные виды потерь составляет 10 % от исходной энергии, то начальная кинетическая энергия движущегося отцепа должна составлять $5,67 / 0,9 = 6,3$ МДж, что соответствует скорости его движения 9,4 км/ч. Если же после сцепления групп вагонов осаживание продолжается, то описанные выше динамиче-

ские процессы не происходят, а потери энергии на преодоление всех сопротивлений при постоянной скорости движения состава компенсируются за счет энергии локомотива.

Определим величину дополнительного усилия, которое необходимо приложить со стороны локомотива к цистерне, чтобы перевалить ее через башмак. Для этого рассмотрим взаимодействие колесной пары и башмака (рис. 3).

Из рис. 3 следует, что:

$$\cos \alpha = \frac{R - h/2}{R} = \frac{0,5 - 0,1/2}{0,5} = 0,9,$$

где h — высота тормозного башмака (колодки);
 R — радиус колеса.

Отсюда

$$\alpha = \arccos \frac{R - h/2}{R} = \arccos 0,9 = 26^\circ.$$

Искомая сила, которую следует приложить локомотиву, чтобы перевалить одно колесо 4-осной цистерны через башмак, найдем из выражения:

$$\begin{aligned} F &= q \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{mg}{8} \cdot \operatorname{tg} \alpha = \\ &= \frac{76\,600 \cdot 9,81}{8} \operatorname{tg} 26^\circ = 45,81 \text{ кН}. \end{aligned}$$

Здесь $q = mg / 8$ — нагрузка на колесо. Для перевалки трех цистерн эта сила составит $45,81 \cdot 3 = 137,43$ кН.

Определим минимальную кинетическую энергию 66-вагонного отцепа, которой он должен обладать для того, чтобы «перескочить» через 5 башмаков, установленных с накатом (согласно Инструкции [10]).

Учитывая то, что башмаки установлены на одной нитке пути, центр тяжести одной цистерны при перевалке через башмак должен приподняться на высоту $h/2$. Потенциальная энергия одной цистерны увеличится на

$$\Delta\Pi_1 = mg \frac{h}{2}.$$

Так как пять тормозных башмаков установлены под тремя цистернами, суммарная потенциальная энергия трех цистерн при перевалке через башмаки составит:

$$\Delta\Pi = 3mg \frac{h}{2}.$$

Пренебрегая потерями энергии при перевалке отцепов через башмаки, на основании закона сохранения энергии имеем:

$$M_{66} \frac{V_{66}^2}{2} = 3mg \frac{h}{2}.$$

или

$$V_{66} = \sqrt{\frac{3mgh}{M_{66}}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 76600 \cdot 9,81 \cdot 0,1}{76600 \cdot 66}} = 0,21 \text{ м/с}.$$

Таким образом, для перевалки через пять тормозных башмаков, уложенных с накатом, 66-вагонный отцеп должен иметь скорость 0,21 м/с (0,8 км/ч) (при семи башмаках эта скорость составит 0,24 м/с, или 0,88 км/ч).

Обсуждение результатов и выводы

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что кинетическая энергия состава в рассмотренном примере вполне может превышать потребную для перекачивания через башмаки потенциальную энергию, что приведет к перекачиванию колес через тормозные башмаки в условиях продавливания состава. И наоборот, перескок колес вагонов через башмаки при ударе представляется в заданных условиях маловероятным. Возможно лишь незначительное скольжение тормозных башмаков по рельсу (юз).

К такому же выводу можно прийти путем сопоставления механических моментов сдвига/

удержания колеса относительно точки перекачивания через башмак.

Условие отсутствия перекачивания через башмак имеет вид:

$$M_c < M_y,$$

где M_c , M_y — момент сдвига и удерживающий момент соответственно.

$$M_c = F_T(R - h), \quad M_y = q\sqrt{2Rh - h^2}, \quad (2)$$

где F_T — сила тяги (нажатия) локомотива;

q — нагрузка на колесо. Моменты определены относительно верхней точки колодки башмака (рис. 3).

Для k башмаков из выражений (2) получаем условие неперекачивания колес через башмаки:

$$F_T < \frac{\sqrt{2Rh - h^2}}{R - h} \sum_{i=1}^k q_i. \quad (3)$$

Для рассматриваемого примера имеем: $q_i = q = 94 \text{ кН}$, $R = 0,5 \text{ м}$, $k = 5$, $h \approx 0,1 \text{ м}$. Тогда $F_T < 352,5 \text{ кН}$.

Сила сопротивления от 66 вагонов составит:

$$F_w = Q \cdot w = (76,6 \cdot 66 \cdot 9,81) \cdot 1,0 = 49,6 \text{ кН},$$

где Q — вес отцепа.

Таким образом, суммарная сила сопротивления перекачиванию через башмак равна:

$$F_T + F_w = 352,5 + 49,6 \approx 402 \text{ кН},$$

что составляет, например, для локомотива ТЭМ7 75 % от его касательной силы тяги (540 кН).

В нормальных условиях при проталкивании локомотивом состава, закрепленного башмаками, должно происходить скольжение башмака по рельсу. Суммарная сила трения скольжения применительно к принятым исходным условиям при одинаковой нагрузке на ось составит:

$$F_{\text{ТР}} = f \cdot q \cdot k = 0,17 \cdot 94 \cdot 5 \approx 80 \text{ кН},$$

где $f = 0,17$ — коэффициент трения.

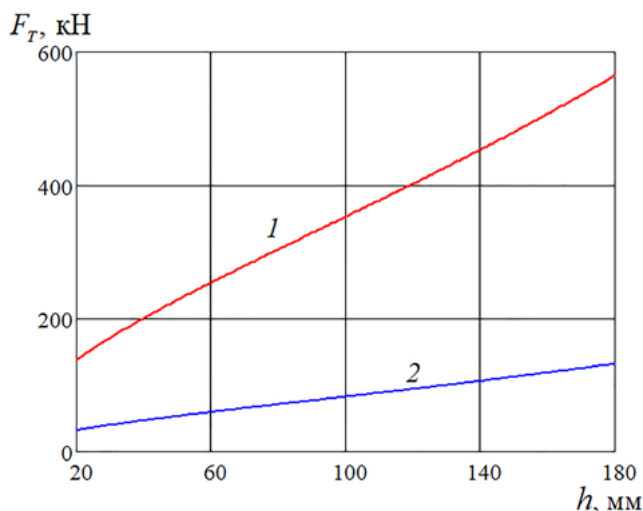


Рис. 4. Минимальная сила тяги в зависимости от высоты башмака:

- 1 — груженая цистерна,
2 — порожняя цистерна

Таким образом, сила трения в данном случае оказывается примерно в пять раз меньше силы, требуемой для перекачивания через башмак. Тем не менее в маневровой практике встречаются случаи так называемого «приваривания» башмака к рельсу, то есть резкого возрастания коэффициента трения, что и приводит к перекачиванию колеса через башмак. Очевидно, что вероятность перекачивания колеса через башмак возрастает при наличии загрязнений на его поверхности (масло, мазут, лед и т. п.).

Необходимо отметить, что в маневровой практике нельзя исключать случаев применения различных моделей тормозных башмаков с разной высотой колодки h . На рис. 4 показана зависимость потребной силы тяги локомотива от высоты колодки башмака, построенная согласно формуле (3) для рассматриваемого примера ($q = 94$ кН, $k = 5$). Диапазон изменения высоты колодки принят, как и в работе [11], равным 20–180 мм. Для сравнения на этом же рисунке показана аналогичная зависимость для порожней цистерны ($q = 27$ кН). В этом случае, как видно, риск переката колеса через башмак заметно возрастает.

Заключение

Приведенный анализ, очевидно, относится к двубортным тормозным башмакам. В случае однобортных башмаков повышается вероятность их выброса при наезде. Отметим, что колебания жидкости в цистернах практического влияния на динамику движения подвижного состава при маневровых скоростях оказать не могут, но при соударении вызывают рассеяние кинетической энергии.

Список источников

- Исаев К. С. Упоры для механизированного закрепления подвижного состава / К. С. Исаев, В. П. Шейкин, В. М. Сорокодумов, М. Ф. Бобылев // Автоматика, телемеханика и связь. — 1996. — № 1. — С. 25–27.
- Малахов А. И. О технических средствах для закрепления подвижного состава на станционных путях / А. И. Малахов, Ю. А. Хахишвили // Вестник Липецкого государственного технического университета. — 2020. — № 1(42). — С. 49–53.
- Ильин А. М. Многовариантная верификационная методика расчета норм закрепления подвижного состава на железнодорожных путях станций / А. М. Ильин, О. Н. Числов // Вестник РГУПС. — 2020. — № 3. — С. 115–123.
- Похилко С. П. Автоматизация методики расчета норм закрепления подвижного состава на станционных путях / С. П. Похилко, И. С. Иванченко // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. — 2020. — № 59. — С. 27–38.
- Шимановский А. О. Компьютерное моделирование динамики взаимодействия колесных пар вагонов с тормозными башмаками / А. О. Шимановский, М. Г. Кузнецова, О. В. Демьянчук // Механика машин, механизмов и материалов. — 2021. — № 4(57). — С. 48–55.
- Числов О. Н. Совершенствование методологических и технико-технологических решений по закреплению перспективных видов подвижного состава на станционных железнодорожных путях / О. Н. Числов, А. М. Ильин // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. — 2022. — № 1(60). — С. 38–48.
- Правила тяговых расчетов для поездной работы. — М.: Транспорт, 1980. — 287 с.

8. Смирнов В. И. Динамические особенности скатывания вагонов с сортировочной горки / В. И. Смирнов, С. А. Видюшенков, А. С. Кухарева // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2019. — Т. 16. — Вып. 2. — С. 241–250.

9. ГОСТ22235—76. Вагоны грузовые магистральных железных дорог колеи 1520 мм. — М.: Издательство стандартов, 1978. — 35 с.

10. Инструкция по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Российской Федерации. ЦД-206. — М.: Транспорт, 2000. — 117 с.

11. Марков Д. П. Стояночные тормозные башмаки для закрепления подвижного состава на станционных путях.

Полигонные испытания / Д. П. Марков, И. Н. Воронин, Н. П. Шипулин, В. И. Маршев и др. // Вестник ВНИИЖТ. — 2016. — Т. 75. — № 5. — С. 308–317.

Дата поступления: 24.02.2025

Решение о публикации: 23.03.2025

Контактная информация:

СМИРНОВ Владимир Игоревич — д-р техн. наук, проф.; vsmirnov1@gmail.com

ВИДЮШЕНКОВ Сергей Александрович — канд. техн. наук, доц.; baklava@mail.ru

Securing Wagons During Shunting Operation

V. I. Smirnov, S. A. Vidyushenkov

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

For citation: Smirnov V. I., Vidyushenkov S. A. Securing Wagons During Shunting Operation // *Proceedings of Petersburg State Transport University*, 2025, vol. 22, iss. 2, pp. 300–307. (In Russian) DOI: 10.20295/1815-588X-2025-2-300-307

Summary

Purpose: To assess the possibility of wagons rolling over the brake shoes during shunting operations, with the aim of determining the number of brake shoes required, taking into account the physical characteristics of the secured wagons and the parameters of the longitudinal profile of the track. **Methods:** The modelling and analysis techniques were used. The simulation of the wagon cut movement before the collision was based on the numerical solution of the differential equation. The possibility of wagons rolling over the brake shoe was analyzed from the energy point of view. **Results:** The following example has been drawn from practical experience, namely, the movement of a group of 25 loaded tank cars and its collision with a group of 41 similarly loaded tank cars standing on the track. In a standard shunting operation, when a locomotive pushes a train secured by the shoes, the shoes should slide along the rail. However, in practice, there are cases of the so-called “welding” of the shoe to the rail. This is due to a significant increase in the coefficient of friction, which results in the wheel rolling over the shoe. It has been demonstrated that when a locomotive exerts pressure on a wagon cut, the wagon wheels could potentially roll over the brake shoe. In the event of an impact, it appears improbable that the wheels of the wagons will jump over the shoes under the conditions considered. There is a possibility of slight sliding of the brake shoes on the rail. The calculations performed are applicable to double brake shoes. In the case of single shoes, there is an increased potential for the brake shoe to be discarded during the wheel impact. A numerical example has been considered on the assumption that fluid fluctuations in tanks do not affect the dynamics of rolling stock movement at shunting speeds. However, during the collision, these fluctuations cause the dissipation of kinetic energy. **Practical significance:** The aforementioned analysis has enabled the establishment of clear standards and procedures for securing wagons during shunting operations at the station.

Keywords: Brake shoe, wagon cut, shunting operation, equation of motion, collision velocity, wagon cut energy.

References

1. Isaev K. S., Sheykin V. P., Sorokodumov V. M., Bobylev M. F. Upory dlya mekhanizirovannogo zakrepleniya podvizhnogo sostava [Stops for mechanized fastening of rolling stock]. *Avtomatika, telemekhanika i svyaz'* [Automation, telemetry and communication]. 1996, Iss. 1, pp. 25–27. (In Russian)
2. Malakhov A. I., Khakhishvili Yu. A. O tekhnicheskikh sredstvakh dlya zakrepleniya podvizhnogo sostava na stantsionnykh putyakh [On technical means for fastening rolling stock on station tracks]. *Vestnik Lipetskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Lipetsk State Technical University]. 2020, Iss. 1(42), pp. 49–53. (In Russian)
3. Il'in A. M., Chislov O. N. Mnogovariantnaya verifikatsionnaya metodika rascheta norm zakrepleniya podvizhnogo sostava na zheleznodorozhnykh putyakh stantsiy [Multivariant verification methodology for calculating the standards for fastening rolling stock on station tracks]. *Vestnik RGUPS* [Bulletin of RGUPS]. 2020, Iss. 3, pp. 115–123. (In Russian)
4. Pokhilko S. P., Ivanchenko I. S. Avtomatizatsiya metodiki rascheta norm zakrepleniya podvizhnogo sostava na stantsionnykh putyakh [Automation of the methodology for calculating the standards for securing rolling stock on station tracks]. *Sbornik nauchnykh trudov Donetskogo instituta zheleznodorozhnogo transporta* [Collection of scientific papers of the Donetsk Institute of Railway Transport]. 2020, Iss. 59, pp. 27–38. (In Russian)
5. Shimanovskiy A. O., Kuznetsova M. G., Dem'yanchuk O. V. Komp'yuternoe modelirovanie dinamiki vzaimodeystviya kolesnykh par vagonov s tormoznymi bashmakami [Computer modeling of the dynamics of interaction of car wheelsets with brake shoes]. *Mekhanika mashin, mekhanizmov i materialov* [Mechanics of machines, mechanisms and materials]. 2021, Iss. 4(57), pp. 48–55. (In Russian)
6. Chislov O. N., Il'in A. M. Sovershenstvovanie metodologicheskikh i tekhniko-tekhnologicheskikh resheniy po zakreplenyu perspektivnykh vidov podvizhnogo sostava na stantsionnykh zheleznodorozhnykh putyakh [Improvement of methodological and technical-technological solutions for securing promising types of rolling stock on station railway tracks]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya* [Bulletin of the Siberian State University of Railway Engineering]. 2022, Iss. 1(60), pp. 38–48. (In Russian)
7. *Pravila tyagovykh raschetov dlya poezdnoy raboty* [Rules for traction calculations for train operation]. Moscow: Transport Publ., 1980, 287 p. (In Russian)
8. Smimov V. I., Vidyushenkov S. A., Kukhareva A. S. Dinamicheskie osobennosti skatyvaniya vagonov s sortirovochnoy gorki [Dynamic features of wagons rolling off a marshalling hump]. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya* [Bulletin of the St. Petersburg University of Railway Engineering]. 2019, vol. 16, Iss. 2, pp. 241–250. (In Russian)
9. GOST22235—76. *Vagony gruzovye magistral'nykh zheleznykh dorog kolei 1520 mm* [GOST 22235—76. Freight cars of mainline railways with a gauge of 1520 mm]. Moscow: Izdatel'stvo standartov Publ., 1978, 35 p. (In Russian)
10. *Instruktsiya po dvizheniyu poezdov i manevrovoy rabote na zheleznykh dorogakh Rossiyskoy Federatsii. TsD-206* [Instructions for train movement and shunting operations on the railways of the Russian Federation. CD-206]. Moscow: Transport Publ., 2000, 117 p. (In Russian)
11. Markov D. P., Voronin I. N., Shipulin N. P., Marshev V. I. et al. Stoyanochnye tormoznye bashmaki dlya zakrepleniya podvizhnogo sostava na stantsionnykh putyakh. Poligonnye ispytaniya [Parking brake shoes for securing rolling stock on station tracks. Field tests]. *Vestnik VNIIZhT* [Bulletin of the All-Russian Research Institute of Railway Transport]. 2016, vol. 75, Iss. 5, pp. 308–317. (In Russian)

Received: February 24, 2025

Accepted: March 23, 2025

Author's information:

Vladimir I. SMIRNOV — Dr. Sci. in Engineering,
Professor; vsmirnov1@gmail.com

Sergey A. VIDYUSHENKOV — PhD of Engineering,
Associate Professor; baklava@mail.ru