

Влияние режимов движения поездов на формирование расстройств пути

В. О. ПЕВЗНЕР, О. Ю. БЕЛОЦВЕТОВА, К. В. ШАПЕТЬКО

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, 129626, Россия

Аннотация. В статье рассматривается вопрос влияния условий вождения тяжеловесных поездов (движение в режиме максимальной тяги, торможения локомотивом и движение на выбеге) на формирование расстройств пути на участке эксплуатации поездов, в состав которых включены вагоны с повышенными осевыми нагрузками до 27 тс. Исследования проведены на Октябрьской железной дороге (направление Ковдор — Мурманск).

Установлено, что количество отступлений геометрии пути на участке Ковдор — Пинозеро в период до эксплуатации вагонов с повышенными осевыми нагрузками на участках с движением на максимальной тяге было выше в ~1,5 раза, а на участках применения торможения локомотивом в ~1,7 раза выше, чем на участках с движением на выбеге. При введении в эксплуатацию вагонов с повышенными осевыми нагрузками наибольшему отрицательному воздействию по критерию развития отступлений геометрии пути подверглись участки с движением на максимальной тяге и особенно участки торможения, где количество отступлений стало больше относительно участков с движением на выбеге в 2 – 2,5 раза (в летние месяцы).

Ключевые слова: режим движения поездов; расстройство пути; повышенные осевые нагрузки

Введение. Объективной реальностью современных условий эксплуатации пути является непрерывное повышение массы поездов. Ретроспективный анализ показывает, что средняя масса поездов за период с 1940 до 2015 г. увеличилась с 1301 до 3960 т [1, 2]. В 2015 г. весовая норма поездов на большинстве направлений сети установлена равной 6300 т, а на отдельных направлениях — 7100 т, сформированных из вагонов с осевой нагрузкой 25 тс. Создание локомотивов повышенной мощности позволяет на отдельных направлениях, например на Транссибе [3], пропускать поезда массой до 9000 т.

В то же время в нормативной документации по пути хозяйству параметры «вес поезда» и «осевая нагрузка вагона» практически не находят своего отражения. Так, в «Положении о системе ведения путевого хозяйства» [4] среднесетевые нормы периодичности ремонтов пути (п. 5) устанавливаются с учетом классификации железнодорожных путей, которая в свою очередь (п. 2.2.) «строится на основе двух основных критериев: скорости поезда (км/ч) и грузонапряженности (млн т·км брутто/км год)». При этом на участках применения рекуперативного торможения и

на перевальных участках с уклонами более 12‰ нормативные сроки проведения ремонтов уменьшаются (п. 5.7) на 15 и 10% соответственно. Также на этих участках в соответствии с приказом № 136 [5] вводятся повышающие поправочные коэффициенты по нормам затрат труда на текущее содержание пути (п. 2.4. — на участках применения рекуперативного торможения и п. 2.5. — на участках с уклоном свыше 8‰).

Однако в этих редакциях нормативных документов не учтено, что повышение массы поездов потребует пересмотра оценок участков (в первую очередь — уклонов), где необходимо изменение тяговых характеристик поездов, а следовательно, воздействия последних на путь.

В зарубежных источниках приводится описание многих тяжеловесных линий [6]. Например, в работе проф. Хань Цили отмечается, что на углевозной линии Датун — Циньхуандао Китайской Народной Республики имеется проблема устойчивости пути на затяжных крутых уклонах 8,2 – 12‰: «Условия по режимам тяги и торможения для поездов массой 20 тыс. т на таких уклонах таковы, что их выполнение может приводить к возникновению сил достаточно большой величины, чтобы оказать неблагоприятное влияние на устойчивость пути».

Аллан М. Зарембски (США) [6] отмечает, что в моделях организации текущего содержания и ремонта пути необходим учет эксплуатационных факторов, однако в его модели учитывается накопление поездной нагрузки только в целом, без дифференциации отдельных участков. Таким образом, в зарубежных исследованиях вопросы технического обслуживания пути также освещены недостаточно подробно.

В то же время в ряде источников указывается, что «режимы ведения грузовых поездов на затяжных уклонах, превышающих 8‰, отличаются повышенными продольными и поперечными силами», и отмечается дополнительное сопротивление движению поезда, создаваемое силовыми неровностями пути [1]; на участках реостатного и рекуперативного торможения увеличивается воздействие на путь [7].

Ряд исследователей, в частности д-р техн. наук, проф. Л. А. Мугинштейн, д-р техн. наук, проф.

■ E-mail: belotsvetova.olga@vniizht.ru (О. Ю. Белоцветова)

Ю. С. Ромен, отмечают, что возникающие при неравномерном движении поезда (в режиме тяга — торможение) продольно-динамические силы влияют на поперечную устойчивость пути, а при определенных условиях эти силы имеют и вертикальные составляющие [8, 9, 10].

В работе д-ра техн. наук В. М. Кондрашова [11], посвященной моделированию движения тяговой единицы подвижного состава в режиме тяги и торможения, отмечается, что как при тяге, так и при торможении растут силы взаимодействия колес с рельсами, при этом в расчете учитывается вертикальная составляющая («вертикальная жесткость и демпфирование в контакте колеса с рельсом»). То есть, продолжая мысль автора, можно заключить о возрастании вертикальной составляющей силы воздействия на путь на участках движения на максимальной тяге и торможении, что должно повлечь увеличение расстройств пути.

Таким образом, вопрос о повышенной деформативности пути и об увеличении затрат труда на участках, где возникают повышенные продольные силы при движении тяжеловесных поездов в режиме максимальной тяги и торможении локомотивом или рекуперации, требует дополнительного изучения.

Результаты эксплуатационных наблюдений. Для оценки влияния тяги на напряженно-деформированное состояние пути на участке Ковдор — Пинозеро — Мурманск Октябрьской железной дороги был проведен анализ состояния пути по наличию расстройств колеи (по форме ПУ-32 существующей системы оценки) отдельно на участках с движением на выбеге, при максимальной тяге и торможении локомотивом.

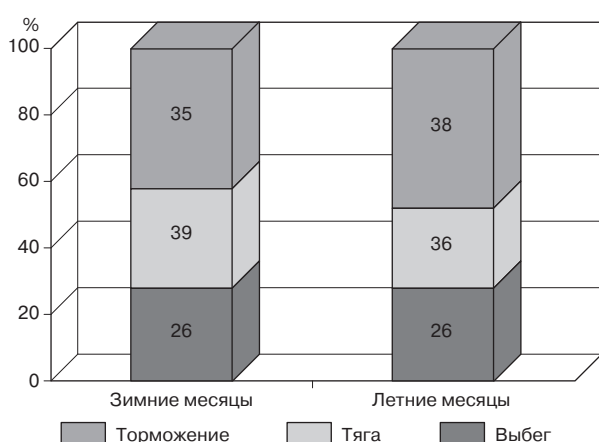


Рис. 1. Процентное соотношение суммарного количества отступлений геометрии пути на участках с движением на выбеге, при максимальной тяге и торможении на участке Пинозеро — Мурманск Октябрьской железной дороги в разные периоды (зимние месяцы, летние месяцы)

Fig. 1. Percentage of total number of deviations in track geometry in areas with coasting, at maximum traction and braking on section Pinozero — Murmansk of Oktyabrskaya railway in different periods (winter, summer)

Анализ проводился по «грузовому» пути — направление Ковдор — Пинозеро (нечетное направление на участке) и Пинозеро — Мурманск (четное направление на участке).

Участки с движением локомотива на выбеге, при максимальной тяге и торможении локомотивом выбирались по режимным картам по вождению грузовых поездов на участках Кандалакша — Ковдор — Кандалакша и Кандалакша — Мурманск — Кандалакша Октябрьской железной дороги.

На участке Кандалакша — Ковдор — Кандалакша эксплуатируются тепловозы серии 2ТЭ116У с максимальным набором позиций 15. Участки с движением на максимальной тяге выбирались по режимным картам с набором позиций от 10 и выше. На участке Кандалакша — Мурманск — Кандалакша эксплуатируются электровозы серии ВЛ80^с, ВЛ80^т с максимальным набором позиций 33. Участки с движением на максимальной тяге выбирались по режимным картам с набором позиций от 25 и выше. В обоих случаях выбранные участки с движением на максимальной тяге уточнялись по продольным профилям (на подъемах).

Участки с движением на выбеге на обоих направлениях выбирались по режимным картам.

На линии Ковдор — Пинозеро были выделены шесть участков с движением при торможении локомотивом (по режимным картам).

По сведениям Октябрьской железной дороги, на линии Пинозеро — Мурманск на локомотивах грузового движения электрическое торможение не применяется, поэтому в статье на линии Пинозеро — Мурманск анализируются только участки с движением на максимальной тяге (далее — участки тяги) и выбеге (далее — участки на выбеге).

Для анализа отступлений геометрии пути (по форме ПУ-32 отступления учитываются на 1 км пути) выбирались участки с движением при максимальной тяге, на выбеге и при торможении протяженностью не менее 1 км.

На указанных участках пути с движением на максимальной тяге, выбеге и торможении проводился учет и анализ количества отступлений по их видам (сужение, уширение, уровень, перекосы, просадки, рихтовка) по каждому месяцу (по формам ПУ-32) с усреднением по периодам: зимние месяцы (декабрь — март) и летние месяцы (апрель — ноябрь).

Анализ полученных данных показал, что количество отступлений по геометрии рельсовой колеи на участках с движением при максимальной тяге относительно участков с движением на выбеге было больше в среднем за год на 53%, а на участках с применением торможения локомотивом — соответственно на 67%.

На рис. 1 представлено процентное соотношение суммарного количества отступлений по геометрии

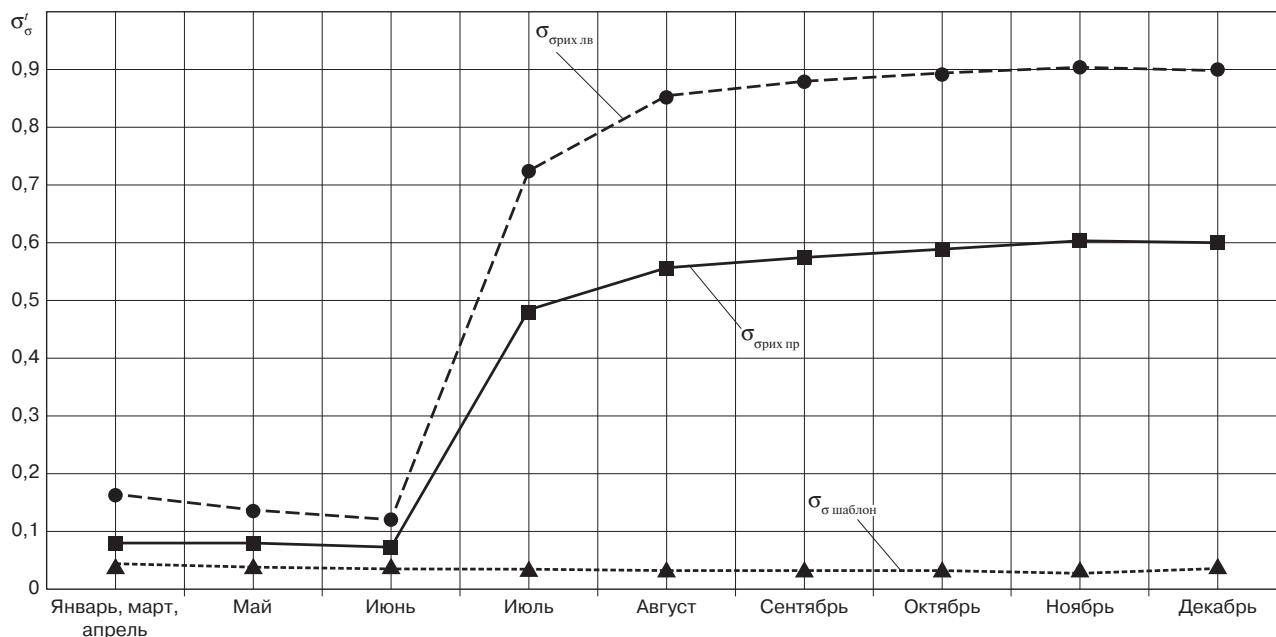


Рис. 2. Изменение значений σ'_σ за 11 месяцев 2015 г. на участке круговой кривой
Fig. 2. Changing values of σ'_σ for 11 month of 2015 at the section of round curve

рельсовой колеи на участках с движением на выбеге, максимальной тяге и участках торможения.

Как видно из представленных на рис. 1 данных, соотношение количества отступлений геометрии пути на участках выбега, тяги, торможения на линии Ковдор — Пинозеро Октябрьской железной дороги составило 1:1,5:1,4 в зимние и 1:1,4:1,5 в летние месяцы. То есть как в зимние, так и в летние месяцы и на участках с движением на максимальной тяге, и на участках торможения количество отступлений по геометрии рельсовой колеи было примерно на 40–50% больше, чем на участках с движением на выбеге, в то время как поправочные коэффициенты в существующей нормативной документации предусматривают увеличение норм затрат труда до 30% на участках рекуперации и до 20% на участках уклона свыше 8‰ [5]. Таким образом, встает вопрос о необходимости дальнейшего изучения вопроса формирования расстройств пути на участках с движением на максимальной тяге и торможении локомотивом с последующим пересмотром нормативных документов по ведению путевого хозяйства.

После начала эксперимента с движением по участку вагонов с повышенной до 27 тс нагрузкой на ось картина расстройств пути в зависимости от характера движения приобрела еще более рельефный характер. Так, соотношение количества просадок по участкам выбега — тяги — торможения составило в летние месяцы 2015 г. 1:2,8:5,8 (0,38–1,06–2,2 шт./км), и все это имело место в границах хорошей оценки геометрии рельсовой колеи.

Кроме того, следует отметить, что на участках с движением на максимальной тяге в 2 раза, а на

участках с движением в режиме торможения локомотивом в 3 раза формируется больше просадок, чем в целом по участку.

В рамках статистической оценки состояния геометрии рельсовой колеи на одном из участков тяги был проведен анализ изменения среднеквадратических отклонений натуральных неровностей в плане и профиле.

Натурные неровности получали на базе исходной информации, составленной из данных измерений соответствующих стрел на путеизмерителях КВЛ-П с умножением на соответствующие значения передаточных функций.

Разброс значений по длине рассматриваемого участка (обычно 200 м) может быть охарактеризован величиной среднеквадратического отклонения $\sigma_{\text{пр}}$ по неровностям профиля и $\sigma_{\text{пл}}$ по неровностям в плане. Стабильность этих характеристик во времени t может быть также оценена среднеквадратическим отклонением этих показателей $\sigma'_{\text{спр}}$ и $\sigma'_{\text{ол}}$ (см. рис. 2).

В летние месяцы 2015 г. значения этих показателей стабильно увеличивались в 1,6 и 6,0 раза соответственно, что свидетельствует о снижении стабильности пути, хотя эти оценки также получены на участке с постоянно хорошей оценкой геометрии рельсовой колеи.

Полученные результаты свидетельствуют, с одной стороны, о влиянии режимов движения и уровня осевой нагрузки на характер расстройств пути, а с другой стороны, показывают, что работники дистанций пути успевают устранять возникающие отступления для сохранения хорошей оценки пути.

В определенной степени это, возможно, объясняется невысокой грузонапряженностью этого участка (в

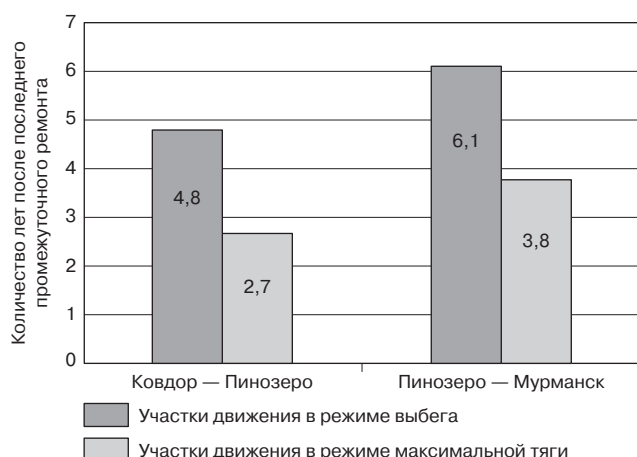


Рис. 3. Межремонтные сроки на участках с движением на максимальной тяге и вы беге на участках обращения вагонов с повышенными осевыми нагрузками Октябрьской железной дороги

Fig. 3. Maintenance periods on sites with traffic at maximum traction and coasting on operating sections of cars with higher axle load of the Oktyabrskaya Railway

пределах 13 млн т/км год) и невысокой долей вагонов с повышенной осевой нагрузкой (10–11%).

Если же на участках с более тяжелыми условиями эксплуатации бригады не будут справляться с полным устранением возникающих отступлений и неисправностей, то процесс нарастания расстройств пути может принять лавинообразный характер, описываемый законом сложного процента, и в течение нескольких лет путь может прийти в неудовлетворительное состояние.

Для более укрупненной оценки особенностей технического обслуживания пути в зависимости от характера движения была проанализирована продолжительность периода между сплошными выправками пути (см. рис. 3).

Результаты анализа показали, что на участках с максимальной тягой выправочные работы проводились в 1,6–1,8 раза чаще, чем на участках с движением на вы беге.

В существующих нормативных документах, как отмечалось выше, на участках с уклонами более 12‰ предусматривается уменьшение сроков проведения ремонтов на 10%.

Заключение. 1. Количество отступлений геометрии пути на участке Ковдор — Пинозеро в период до эксплуатации вагонов с повышенными осевыми нагрузками на участках с движением на максимальной тяге было в ~1,5 раза, а на участках применения торможения локомотивом в ~1,7 раза выше, чем на участках с движением на вы беге.

2. На участках с движением при максимальной тяге в 2 раза, а на участках с движением в режиме торможения локомотивом в 3 раза формируется больше просадок, чем в целом по участку.

3. При введении в эксплуатацию вагонов с повышенными осевыми нагрузками наибольшему отрицательному воздействию по критерию развития отступлений по геометрии рельсовой колеи подверглись участки с движением на максимальной тяге и особенно участки торможения, где количество отступлений стало больше в 2–2,5 раза (в летние месяцы) относительно участков с движением на вы беге.

4. Межремонтные сроки на участках с движением на максимальной тяге были в 1,6–1,8 раза короче, чем на участках с движением на вы беге.

5. Полученные на участке Ковдор — Пинозеро Октябрьской железной дороги данные по формированию расстройств пути при дифференцированном анализе на участках с движением при максимальной тяге, на вы беге и при торможении локомотивом намного выше нормативных показателей, содержащихся в действующей документации.

Этот факт свидетельствует о необходимости продолжения исследований в данном направлении и, по мере набора необходимого объема информации, внесения дополнений в нормативную документацию по ведению путевого хозяйства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каменский В. Б. Направления совершенствования системы ведения путевого хозяйства. М.: ОАО НИИТКД, 2009. 392 с.
2. Иванов П. А. Важные технологические и технические аспекты // Железнодорожный транспорт. 2014. № 9. С. 19–22.
3. Миронов А. Ю. Основная задача — предоставить клиенту выгодную схему доставки грузов и по цене, и по срокам // Гудок. 2015. 4 августа.
4. Положение о системе ведения путевого хозяйства ОАО «Российские железные дороги»: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 2 мая 2012 г. № 857р. М.: ОАО «РЖД», 2012. 60 с.
5. Приказ ОАО «РЖД» от 09.07.2009 № 136 (в ред. приказа ОАО «РЖД» 03.12.2010 № 200) «О мерах по улучшению текущего содержания железнодорожного пути». М.: ОАО «РЖД», 2009.
6. Обобщение мирового опыта тяжеловесного движения. Конструкция и содержание железнодорожной инфраструктуры / пер. с англ. под ред. С. М. Захарова. М.: Интекст, 2012. 568 с.
7. Кобзев С. А. Продольно-динамические силы в поездах повышенной массы и длины // Вестник ВНИИЖТ. 2008. № 5. С. 5–13.
8. Мугинштейн Л. А. Некоторые проблемы обеспечения безопасности движения поездов повышенной массы и длины с распределенной тягой // Вопросы технического и технологического обеспечения безопасности движения поездов повышенной массы и длины // Сб. тр. ВНИИЖТ / под ред. А. Е. Семечкина, Л. А. Мугинштейна. М.: Интекст, 2007. С. 5–9.
9. Мугинштейн Л. А., Ромен Ю. С. Влияние продольных сил на опасность сходов порожних вагонов в поездах // Вестник ВНИИЖТ. 2011. № 3. С. 3–6.
10. Ромен Ю. С., Мугинштейн Л. А., Неверова Л. И. Влияние продольных сил в поездах на опасность схода вагонов в зависимости от их загрузки // Транспорт РФ. 2013. № 3. С. 64–68.
11. Кондрашов В. М. Методика моделирования движения тяговой единицы подвижного состава в режиме тяги и торможения // Вестник ВНИИЖТ. 2011. № 1. С. 23–28.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

ПЕВЗНЕР Виктор Ошерович,

д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, лаборатория «Взаимоувязанные нормативы устройства и содержания пути и подвижного состава, оптимизация скоростей движения», АО «ВНИИЖТ»

БЕЛОЦВЕТОВА Ольга Юрьевна,

канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник, лаборатория

«Взаимоувязанные нормативы устройства и содержания пути и подвижного состава, оптимизация скоростей движения», АО «ВНИИЖТ»

ШАПЕТЬКО Кирилл Вячеславович,

научный сотрудник, лаборатория «Взаимоувязанные нормативы устройства и содержания пути и подвижного состава, оптимизация скоростей движения», АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 15.03.2016 г., принята к публикации 11.06.2016 г.

Effect of train modes on formation of track deterioration

V. O. PEVZNER, O. Yu. BELOTSVETOVA, K. V. SHAPET'KO

Joint Stock Company "Railway Research Institute" (JSC "VNIIZhT"), Moscow, 129626, Russia

Abstract. The objective reality of the modern conditions of track operation is a continuous increase in train mass. Retrospective analysis shows that the average weight of trains on Russian Railways for the period from 1940 to 2015 is increased from 1301 to 3960 tons. In 2015 weighting rate of trains on most areas of the network is set to 6300 tons, and in certain areas — 7100 tons, formed from cars with axle load of 25 ton/force. Creating high-power locomotives allows in certain areas, such as the Trans-Siberian railway, passing the trains with weight up to 9000 tons.

The article discusses the impact of driving conditions of heavy trains (running in the maximum traction mode, locomotive braking and during coasting) on formation of track deterioration on operating section of trains, part of which included cars with higher axle loads of up to 27 ton. Researches was carried out at the Oktyabrskaya railway (direction Kovdor — Murmansk).

It is found that the number of deviations in the track geometry at the Kovdor — Pinozero section before operating cars with increased axial loads in areas with traffic on the maximum traction mode were higher by about 1.5 times, and in the areas of application of locomotive braking by about 1.7 times higher than in areas with coasting motion. When cars with higher axle load were introduced into the operation the greatest negative impact on the criterion of track geometry deviations were subjected to areas with traffic at maximum traction mode, and especially the braking areas, where the number of deviations has increased relative to areas with coasting in 2 – 2.5 times (during summer months).

Keywords: train operation mode; track deterioration; increased axle loads

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-6-349-353>

REFERENCES

1. Kamenskiy V.B. *Napravleniya sovershenstvovaniya sistemy vedeniya putevogo khozyaystva* [Directions improving the maintenance of track facilities system]. Moscow, OAO NIITKD Publ., 2009, 392 p.
2. Ivanov P.A. *Vazhnye tekhnologicheskie i tekhnicheskie aspekty* [Important technological and technical aspects]. Zhелеznodorozhnyy transport, 2014, no. 9, pp. 19 – 22.
3. Mironov A.Yu. *Osnovnaya zadacha — predostavit' klientu vygodnuyu skhemu dostavki грузov i po tsene, i po srokam* [Main task — to provide clients beneficial scheme of delivery by price and by terms]. Gudok, August 4, 2015.
4. *Regulations on the system of keeping track facilities of JSC "Russian Railways"*. Order of JSC "Russian Railways" on May 2, 2012 no. 857r. Moscow, JSC RZD Publ., 2012, 60 p. (in Russ.).
5. *On measures to improve the current maintenance of railway track*. Order of JSC "Russian Railways" on July 7, 2009 no. 136 (in ed. of The order of JSC "Russian Railways" on December 3, 2010 no. 200). Moscow, JSC RZD Publ., 2009 (in Russ.).

■ E-mail: belotsvetova.olga@vniizht.ru (O. Yu. Belotsvetova)

6. Zakharov S.M. *Obobshchenie mirovogo opyta tyazhelovoznogo dvizheniya. Konstruktsiya i soderzhanie zheleznodorozhnoy infrastruktury* [Generalization of international experience of heavy movement. Design and maintenance of railway infrastructure]. Moscow, Intext Publ., 2012, 568 p.

7. Kobzev S.A. *Prodol'no-dinamicheskie sily v poezdakh povyshennoy massy i dliny* [Longitudinal dynamic forces in trains of increased weight and length]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute], 2008, no. 5, pp. 5 – 13.

8. Muginshtein L.A. *Nekotorye problemy obespecheniya bezopasnosti dvizheniya poezdov povyshennoy massy i dliny s raspredelennoy tyagoy* [Some problems of provision traffic safety of trains of increased weight of and the length with distributed traction]. Voprosy tekhnicheskogo i tekhnologicheskogo obespecheniya bezopasnosti dvizheniya poezdov povyshennoy massy i dliny. Sb. tr. VNIIZhT pod red. A.E. Semechkina, L.A. Muginshteina [Issues of technical and technological safety of trains with increased weight and length. Coll. of works. Proc. of VNIIZhT]. Moscow, Intext Publ., 2007, pp. 5 – 9.

9. Muginshtein L.A., Romen Yu.S. *Vliyanie prodol'nykh sil na opasnost' skhoda porozhnykh vagonov v poezdakh* [Effect of longitudinal forces to the danger of derailments of empty cars in trains]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute], 2011, no. 3, pp. 3 – 6.

10. Romen Yu.S., Muginshtein L.A., Neverova L.I. *Vliyanie prodol'nykh sil v poezdakh na opasnost' skhoda vagonov v zavisimosti ot ikh zagruzki* [Effect of the longitudinal forces to the danger of derailment of train cars depending on its loading]. Transport RF Publ., 2013, no. 3, pp. 64 – 68.

11. Kondrashov V.M. *Metodika modelirovaniya dvizheniya tyagovoy edinitiy podvizhnogo sostava v rezhime tyagi i tormozheniya* [Methods of modeling traction units motion of the rolling stock in traction and braking modes]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute], 2011, no. 1, pp. 23 – 28.

ABOUT THE AUTHORS

PEVZNER Viktor Osherovich,

Dr. Sci. (Eng.), Professor, Chief Researcher, Laboratory "Interconnected norms for design and maintenance of track and rolling stock, speed optimization", JSC "VNIIZhT"

BELOTSVETOVA Ol'ga Yur'evna,

Cand. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Laboratory "Interconnected norms for design and maintenance of track and rolling stock, speed optimization", JSC "VNIIZhT"

SHAPET'KO Kirill Vyacheslavovich,

Researcher, Laboratory "Interconnected norms for design and maintenance of track and rolling stock, speed optimization", JSC "VNIIZhT"

Received 15.03.2016

Accepted 11.06.2016