

Информация об авторах

Рябченко Наталья Леонидовна - к. т. н., доцент, заведующая кафедрой «Математика», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: astranal@mail.ru

Алексеева Татьяна Леонидовна - к. т. н., доцент, доцент кафедры «Математика», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: talecseeva843@gmail.com

Астраханцев Леонид Алексеевич - д. т. н., профессор, профессор кафедры «Электроэнергетика транспорта», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: astrahancev1943@mail.ru

Тихомиров Владимир Александрович – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Электроэнергетика транспорта», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: svat_irk@mail.ru

Мартусов Алексей Леонидович – инженер, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, aleksey.martusov@yandex.ru

Information about the authors

Natalya L. Ryabchyonok – Ph.D. in Engineering Science, Assoc. Prof., Head of the Subdepartment of Mathematics, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: astranal@mail.ru

Tatyana L. Alekseeva – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Subdepartment of Mathematics, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: talecseeva843@gmail.com

Leonid A. Astrakhantsev – Doctor of Engineering Science, Professor, the Subdepartment of Electric Power Engineering of Transport, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: astrahancev1943@mail.ru

Vladimir A. Tikhomirov – Ph.D. in Engineering Science, Assoc. Prof., Head of the Subdepartment of Electric Power Engineering of Transport, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: svat_irk@mail.ru.

Aleksei L. Martusov – engineer, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: aleksey.martusov@yandex.ru

DOI 10.26731/1813-9108.2021.1(69).121-126

УДК 621.311

Проектирование сортировочных устройств в современных условияхЛ. Н. Иванкова¹, А. Н. Иванков², А. Н. Кузнецова¹✉¹ Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва, Российская Федерация² ООО «ПСК ТехПроект», г. Москва, Российская Федерация

✉ aa135@mail.ru

Резюме

В статье выполнен анализ основных проблем, возникающих при проектировании сортировочных горок. За последние годы появились новые вагоны, изменились конструкции пути, в том числе на сортировочных горках. В практике проектирования встречается применение кривых менее 200 м, укладка одиночных обыкновенных стрелочных переводов марки 1/9, уменьшение расстояния между вершиной горки и первым стрелочным переводом при проектировании плана. Эти факторы негативно сказываются на работе сортировочных горок. Подчеркивается, что действующие методики ориентированы в основном на обеспечение скатывания одиночных бегунов и мало подходят для расчетов при скатывании групповых отцепов. При скатывании такого отцепа происходит уменьшение его ускорения на скоростном участке горки, что впоследствии приводит к потере эффективности торможения и снижению перерабатывающей способности горки. Большой проблемой является также разделение групповых отцепов с одиночными вагонами на стрелочных переводах. Рассмотрены способы расформирования многовагонных отцепов при делении состава на части и без разукрупнения групп. Выявлены основные негативные факторы, влияющие на скорость роспуска. Поскольку основную нагрузку несет вторая тормозная позиция, предложено увеличить ее мощность путем укладки дополнительных замедлителей. Сделан вывод, что существующие методы расчета не позволяют учесть все многообразные факторы, влияющие на качество сортировочного процесса.

Ключевые слова

план и профиль сортировочных горок, расформирование составов, многовагонный отцеп, скорость скатывания на головном участке, мощность замедлителей, укладка дополнительных замедлителей

Для цитирования

Иванкова Л.Н. Проектирование сортировочных устройств в современных условиях / Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков, А. Н. Кузнецова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 1 (69). – С. 121–126. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.1(69).121-126

Информация о статье

поступила в редакцию: 15.02.2021, поступила после рецензирования: 25.02.2021, принята к публикации: 28.02.2021

Design of sorting devices in modern conditionsL. N. Ivankova¹, A. N. Ivankov², A. N. Kuznetsova¹✉¹ The Russian University of Transport (MIIT), Moscow, the Russian Federation² «PSK TekhProekt» OOO, Moscow, the Russian Federation

✉ aa135@mail.ru

Abstract

The article analyzes the main problems in the design of shunting humps. In recent years, new railcars have appeared, track designs have changed, including those on shunting humps. In the design practice we can encounter the use of curves less than 200 m, laying single ordinary switches of the mark 1/9, reducing the distance between the top of the shunting hump and the first switch when designing the plan. These factors have a negative impact on the operation of gravity sorting yards. It is emphasized that the current methods are mainly focused on ensuring the rolling down of single “runners” and are not suitable for calculations when a group cut rolls down. When such a cut rolls down, its acceleration decreases on the high-speed section of the hump, which subsequently leads to a loss of braking efficiency and a decrease in the processing capacity of the hump. Also, a major problem is the separation of group cut of cars and single railcars on the switches. The methods of breaking down multi-railcar cut of cars when dividing the train set into parts and without subdivision of the groups are considered. The main negative factors affecting the rate of breaking down are identified. Since the main load is carried by the second braking position, it is proposed to increase its power by laying additional retarding mechanisms. It is concluded that the existing calculation methods do not allow us to take into account all the various factors that affect the quality of the shunting process.

Keywords

plan and profile of shunting humps, breaking down of train sets, multi-railcar cut, speed of rolling down at the main section, power of retarding mechanisms, laying down of extra retarding mechanisms

For citation

Ivankova L. N., Ivankov A. N., Kuznetsova A. N. Proektirovanie sortirovochnykh ustroystv v sovremennykh usloviyakh [Design of sorting devices in modern conditions]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie [Modern Technologies. System Analysis. Modeling]*, 2021, No. 1 (69), pp.121–126.– DOI: 10.26731/1813-9108.2021.1(69).121-126

Article info

Received: 15.02.2021, Revised: 25.02.2021, Accepted: 28.02.2021

Введение

Проблема проектирования сортировочных горок всегда была очень актуальной для железнодорожного транспорта. Требования к плану и профилю очень противоречивые, иногда взаимоисключающие. Например, при проектировании подвижной части горки одним из требований является надежность расцепления вагонов на горбе горки, что достигается как можно более крутым противоклоном (тогда все автосцепные приборы гарантированно сжаты, что облегчает их расцепку). Однако другое обязательное условие – возможность трогания состава с места после остановки – не допускает проектирование очень крутого уклона. Можно перечислить еще ряд требований к плану и профилю как спускной, так и подвижной частей сортировочного устройства, которые приводят к необходимости достигать каких-либо компромиссов.

Несомненно, уменьшение высоты проектируемой горки приводит к снижению потребных инвестиций, однако в холодных климатических зонах с сильными порывистыми ветрами высоту горки приходится увеличивать для обеспечения добегающего очень плохого (плохого) бегуна до расчетной точки самого трудного по условиям скатывания пути.

Ситуация осложняется тем, что устаревшая нормативная документация (времен Министерства путей сообщения) сейчас отменена, проектировщики вынуждены руководствоваться сводом правил в рамках Технического регламента Таможенного союза, все это носит какой-то бессистемный характер, к тому же некоторые документы противоречат друг другу [1].

В настоящей статье рассмотрены основные проблемы, которые были не полностью решены в предыдущих версиях нормативной документации и в настоящее время зачастую являются причиной разночтений в практике проектирования сортировочных горок.

Основные проблемы при расчете параметров горок

Прежде всего число путей в сортировочном парке необходимо привязать к потребной переработке и съему вагонов с одного пути. На практике емкости путевого развития сортировочных парков зачастую не хватает для ритмичной работы станции. Ведь помимо потребного числа путей для обеспечения формирования поездов установленных назначений необходимо иметь достаточное количество дополнительных путей для других нужд (для местных вагонов, технических и коммерческих браков, отсевных, путей для хозяйственных нужд и т. д.). Если общее количество сортировочных путей не соответствует потребностям, приходится применять скользкую специализацию, что приводит к повторной переработке вагонов на горке и снижает ее перерабатывающую способность.

За последние 30 лет (с момента издания [2]) произошла модернизация подвижного состава, практически нет восьмиосных вагонов (за исключением цистерн, которые курсируют преимущественно маршрутами на ограниченных полигонах), зато появились сочлененные шестиосные полувагоны, вагоны-хопперы.

Ходовая часть современного подвижного состава изменилась, много вагонов с кассетными подшип-

никами, в частности, такие подшипники имеют тележки «Barber». Основное удельное сопротивление для этих вагонов никогда не определялось.

Появились новые большегрузные вагоны с осевой нагрузкой до 25 т на ось и даже до 27 т. Возникают сложности с определением основного удельного сопротивления и для такого типа подвижного состава. Если по Правилам и нормам проектирования сортировочных устройств колеи 1 520 мм [3] для 92-тонного вагона для ОХБ эта величина принималась 0,5 кгс/тс, то можно предположить, что тут будет соответственно 0,46 и 0,43 кгс/тс, а возможно даже ниже – до 0,3–0,35 кгс/тс. Все это требует дальнейших исследований и испытаний в полевых условиях.

Особое внимание следует уделить минимальному радиусу кривой в плане на закрестовинных кривых. До недавнего времени было 200 м [3], впоследствии этот параметр уменьшили до 180 м, но в нормативной литературе можно найти и 150 м. Следует внести ясность и жестко регламентировать допустимые радиусы кривых.

Очень неохотно проектировщики рассматривают возможность укладки перекрестного съезда 2/6 на горке. Так, на станции Лужская-Сортировочная был уложен съезд 2/9 (при этом стрелочные переводы в съезде 1/9). Это привело к замятости скоростного участка и, как следствие, к ухудшению разделения отцепов по первой стрелке и по первому замедлителю. В научно-технической литературе подчеркивается, что путевое развитие стрелочных горловин должно соответствовать применяемой технологии работы [4, 5].

Особый вопрос – расстояние между вершиной горки и первым стрелочным переводом. Согласно [3] для размещения измерительного участка необходимо выдерживать прямой участок 20 м между вершиной горки и первым стрелочным переводом, однако это требование зачастую нарушается, в ряде случаев проектируют и короче, так как там должен размещаться только весомый участок.

Мощность тормозных средств вызывает много споров в научно-технической литературе. Как показала практика, при скатывании одиночных отцепов мощности вполне хватает, а вот многовагонные отцепы не вытормаживаются должным образом [6]. Понятно, что это дефект алгоритма регулирования скорости. Следовательно, необходимо изменить алгоритм вытормаживания отцепов на спускной части горки.

В более ранних источниках рассматривалась горка максимальной высоты (по условию докатывания очень плохого бегуна до расчетной точки), минимальной высоты по условию докатывания массовых бегунов до хвоста сортировочного парка [7]. В случае, если станционная площадка располагается

на косогоре, нет необходимости проектировать все в одних отметках по низу.

Продольный профиль спускной части, безусловно, оказывает значительное влияние на эффективность сортировочного процесса. При его проектировании приходится учитывать множество разнонаправленных факторов [8–12]. Тезис, что сортировочные пути в профиле проектируются отдельно по каждому пучку, также требует корректировки. Исходя из этого, все пути должны быть в одних отметках в пучке, а поэтому надо делать разуклонку.

При укладке бесстыкового пути требования к проектированию совершенно другие. Достаточно сказать, что крестовина имеет вылет порядка 1 м для приваривания плети с изостыком, соответственно геометрия такого пути существенно отличается от звеньевого.

Скатывание многовагонных отцепов

Проблема торможения многовагонных отцепов существует давно. Одним из последствий увеличения числа вагонов в отцепе является уменьшение его ускорения на скоростном участке горки. При этом происходит потеря мощности замедлителей из-за низкой скорости входа такого отцепа на первую тормозную позицию и пропуска части его вагонов без торможения, а потом может не хватить мощности замедлителей для прицельного торможения [6]. Кроме того, возникают проблемы разделения таких отцепов на стрелках с одиночными вагонами. Следует учитывать, что при подготовке сортировочных путей к роспуску должна быть обеспечена длина свободной части пути, достаточная для снижения скорости такого отцепа. Одним из путей радикального решения данной проблемы может быть разделение таких отцепов на несколько (2, 3 и т. д.) более коротких, а может быть даже осаживание такого отцепа, если он будет слишком длинным, особенно в конце состава. Однако это, естественно, увеличит время роспуска и, в конечном итоге, снизит перерабатывающую способность горки.

До недавнего времени, если в составе имелись многовагонные отцепы, для улучшения управления скатыванием рекомендовалось делить отцепы на части (не более 10 вагонов в каждом отцепе). Этой проблеме посвящен ряд научных исследований [13–16]. Ростовский филиал Научно-исследовательского и проектно-конструкторского института информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте разработал инструкцию, где предложил формулу, полученную по максимальной длине отцепа:

$$K_m = \frac{2 \times M_{TC} \times K_{TC} \times l}{(V_0 + \sqrt{2 \times g \times \Delta h})^2 - V_K^2},$$

где K_m – максимальное количество вагонов в отцепе; V_0 – начальная скорость отцепа (скорость роспуска), м/с; V_K – допустимая скорость соударения на путях

подгорочного парка – не более 1,38 м/с (5 км/ч); M_{TC} – наличная мощность тормозных средств спускной части горки по маршруту скатывания, м.э.в.; K_{TC} – коэффициент использования тормозных средств, связанный с расположением тормозных позиций на горке и особенностями торможения длинных отцепов для исключения возможности выдавливания колесных пар из замедлителей; $K_{TC} = 0,67$; l – длина спускной части горки (расстояние от горба горки до конца ближайшей парковой тормозной позиции), м; Δh – профильная высота горба горки относительно парковой тормозной позиции горки, м; g – ускорение свободного падения, м/с² ($g = 9,8$ м/с²) [17].

Деление состава на части в процессе ролпуска не снимает остроту проблемы. Возникают следующие сложности:

- потеря мощности замедлителей первой тормозной позиции (1 ТП);
- неполное использование мощности парковой тормозной позиции (ПТП) в зависимости от длины свободной части пути сортировочного парка;
- низкая скорость таких отцепов на головном участке со всеми вытекающими из этого последствиями как по разделению со смежными короткими отцепами, так и неэффективному использованию мощности первой тормозной позиции.

Здесь, на наш взгляд, есть несколько более глубинных проблем.

Следует детально разобраться, почему такие длинные отцепы возникают вообще. В большинстве случаев причиной является неэффективность плана формирования. По сути маршрутные группы ставят в разборочные поезда на предыдущих станциях формирования.

Причин образования групповых отцепов несколько. Прежде всего, это избыточная переработка, когда мелкие партии укрупняются до маршрутных групп из-за дефицита сортировочных путей на станциях зарождения. Выход один – строить дополнительные емкости на выходных сортировочных станциях грузообразующих районов.

Другой фактор – это явно маршрутные группы, идущие со станций зарождения. Эта проблема решается повышением степени маршрутизации вагонопотоков. Если на станциях зарождения вагонопотоков есть свободные емкости путевого развития, можно применить тарифное регулирование. Если резервов емкости нет, следует рассмотреть необходимость увеличения путевого развития.

Самая важная проблема заключается в том, как мотивировать грузоотправителя накапливать маршрутные группы на путях необщего пользования. Ведь на станциях общего пользования зачастую резервов путевого развития нет. Если скидки к тарифу грузовладельцу не предусматриваются, то ему не выгодно заниматься накоплением маршрутных групп или маршрутных поездов.

Дисконт к тарифу за организацию маршрута не предусмотрен, а если и предусмотрен, то нивелируется повышением дополнительных сборов за отправку по «твердой нитке».

Так что проблемы образования многовагонных отцепов затрагивают и другие сферы эксплуатационной деятельности, в том числе вопросы гибкого тарифообразования. При эффективном его использовании может возникать мощный стимул по техническому перевооружению всего транспортно-конвейера.

Возвращаясь к функционированию сортировочных устройств и учитывая все сказанное, можно отметить, что основная нагрузка приходится на пучковую тормозную позицию (2 ТП), поэтому целесообразно рассматривать вопрос увеличения ее мощности за счет дополнительных замедлителей, может быть даже за счет ликвидации 1 ТП и расположения высвободившихся замедлителей на 2 ТП.

Однако это все конструктивные решения, а вот для существующих горок рецепт один – изменение алгоритма управления тормозными позициями.

Существующие модели скатывания вагонов с сортировочных горок не учитывают изложенные факторы [18]. Кроме того, достаточно сложен вопрос с представлением в модели многовагонных отцепов при расчете сопротивления от среды и ветра. Непонятно, какие углы поворота следует учитывать, так как отцеп растянут по горке, и ориентация отдельных вагонов относительно продольной оси парка варьируется в широких пределах (от 0 до 30–40°), а коэффициент C_x и C_{xx} изменяется в данном диапазоне углов в несколько раз.

Выводы

На основании выполненного анализа существующих методик расчета сортировочных горок и практики проектирования можно резюмировать, что модернизация подвижного состава и конструкций пути настоятельно требуют пересмотра и дополнения нормативных положений с учетом реалий сегодняшнего дня. Кроме того, ряд проблем, связанных с массовым расформированием составов на крупных распорядительных станциях, можно решить за счет совершенствования эксплуатационной работы и улучшения взаимодействия с грузовладельцами. Авторами предложены следующие мероприятия для улучшения работы с многовагонными отцепами:

1. Разукрупнение отцепов за счет оптимизации плана формирования поездов и декомпозиции мощных назначений.

2. Изменение алгоритма вытормаживания отцепов для обеспечения рационального использования мощности тормозных позиций (в основном за счет переноса погашаемой энергетической высоты на первой тормозной позиции).

3. Усиление мощности второй тормозной позиции за счет установки дополнительного звена замедлителей. В некоторых случаях можно рассмотреть вопрос установки второй парковой тормозной позиции на путях, специализированных для назначений с многовагонными отцепами.

Список литературы

1. СП 225.1326000.2014. Свод правил. Станционные здания, сооружения и устройства : утв. Приказом Минтранса России от 02.12.2014 N 331 // Доступ из справ.-прав. системы «КонсультантПлюс» локальной сети (дата обращения: 15.01.2021).
2. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР. М. : Транспорт, 1992. 95 с.
3. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм. М. : Техинформ, 2003. 69 с.
4. Сортировочная станция: из прошлого в будущее / А.Н. Шабельников, В.А. Кобзев, И.А. Ольгейзер и др. // Железнодорожный транспорт. 2020. № 9. С. 18–21.
5. Костенко В.В., Шепель А.С. Методика оценки соответствия технологии и путевого развития стрелочных горловин // Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах (РИЛТТРАНС-2019). СПб., 2020. С. 57–68.
6. Иванкова Л.Н., Кузнецова А.Н. Моделирование скатывания многовагонных отцепов с сортировочной горки // Наука и образование транспорту. 2018. № 1. С. 84–86.
7. Бузанов С.П., Карпов А.М., Рыцарев М.А. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных устройств. М. : Транспорт, 1965. 232 с.
8. Иванкова Л.Н., Иванков А.Н., Фуфачева М.В. Развитие методов этапного овладения перевозками на двухпутных линиях при обращении длинносоставных грузовых поездов. Магнитогорск : Магнитогорский Дом печати, 2012. 141 с.
9. Иванкова Л.Н., Бондаренко И.С. Влияние основных параметров профиля надвигной и спускной частей сортировочной горки на перерабатывающую способность // Наука и техника транспорта. 2012. № 4. С. 42–46.
10. Осипов Д.В., Климов А.А. Влияние продольного профиля перевальной части сортировочной горки на перерабатывающую способность // Транспорт Урала. 2016. № 4 (51). С. 71–76.
11. Бобровский В.И., Колесник А.И. Анализ влияния параметров продольного профиля сортировочной горки на динамику скатывания отцепов // Транспортні системи та технології перевезень. 2012. № 3. С. 10–14.
12. Иванкова Л.Н. Обеспечение комплексного проектирования плана и профиля сортировочной горки // Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта. 2018. № 14. С. 18–21.
13. Гунбин А.А., Климов А.А. Определение возможного положения первой тормозной позиции относительно вершины сортировочной горки с учетом роспуска многовагонных отцепов // Вестн. Сиб. гос. ун-та путей сообщ. 2019. № 1 (48). С. 36–43.
14. Гунбин А.А., Климов А.А. Оценка влияния количества расцепов «сверхдлинных» отцепов на технологический горочный интервал // Вестн. Сиб. гос. ун-та путей сообщ. 2019. №2 (49). С. 19–25.
15. Бобровский В.И., Дорош А.С. Оптимизация режимов торможения отцепов расчетной группы состава // Наука та прогрес транспорту. 2013. № 1 (43). С. 103–112.
16. Мероприятия по снижению уровня риска возникновения событий и происшествий в горочном комплексе / Н.А. Коваленко, Р.А. Ефимов, А.А. Бородин и др. // Тенденции развития железнодорожного транспорта и управления перевозочным процессом. М. : Рос. ун-т трансп. (МИИТ), 2020. С. 120–124.
17. Инструкция по расчету максимально допустимой длины отцепа при роспуске на сортировочных горках М. : ОАО «РЖД», 2012. 11 с.
18. Четчуев М.В. Методы описания структуры железнодорожной станции при разработке ее имитационной модели // Интеллектуальные системы на транспорте. СПб., 2014. С. 360–367.

References

1. SP 225.1326000.2014. Svod pravil. Stantsionnye zdaniya, sooruzheniya i ustroystva (utv. Prikazom Mintransa Rossii ot 02.12.2014 N 331). SPS «KonsultantPlyus». Iz informatsionnogo banka «Stroitel'stvo» [SP 225.1326000.2014. A set of rules. Station buildings, structures and devices (approved by the Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation of 02.12.2014 N 331). SPS "ConsultantPlus". From the information bank "Construction"] (Accessed: January 15, 2021).
2. Pravila i normy proektirovaniya sortirovochnykh ustroystv na zheleznykh dorogakh Soyuzs SSR [Rules and regulations for designing sorting devices on the railways of the USSR]. Moscow: Transport Publ., 1992. 195 p.
3. Pravila i normy proektirovaniya sortirovochnykh ustroystv na zheleznykh dorogakh kolei 1520 mm [Rules and norms for the design of sorting devices on railways with a gauge of 1520 mm]. Moscow: TECHINFORM Publ., 2003. 169 p.
4. Shabel'nikov A.N., Kobzev V.A., Olgeizer I.A., Rogov S.A. Sortirovochnaya stantsiya: iz proshlogo v budushchee [Shunting station: from the past to the future]. *Zheleznodorozhnyi transport [Railway transport]*, 2020. No. 9. Pp. 18–21.
5. Kostenko V.V., Shepel' A.S. Metodika otsenki sootvetstviya tekhnologii i putevogo razvitiya strelochnykh gorlovin [Methodology of assessing the compliance of technology and track development of leads]. *Razvitie infrastruktury i logisticheskikh tekhnologii v transportnykh sistemakh (RILTTRANS-2019)*. [Development of infrastructure and logistics technologies in transport systems (RILTTRANS-2019)], 2020. Pp. 57–68.

6. Ivankova L.N., Kuznetsova A.N. Modelirovanie skatyvaniya mnogovagonnykh ottsepov s sortirovochnoi gorki [Modeling of the rolling down of multi-railcar cuts from a shunting hump]. *Nauka i obrazovanie transportu* [Science and education for transport], 2018. No. 1. Pp. 84–86.
7. Buzanov S.P., Karpov A.M., Knyazarev M.A. Proektirovanie mekhanizirovannykh i avtomatizirovannykh sortirovochnykh ustroystv [Design of mechanized and automated sorting devices]. Moscow: Transport Publ., 1965. 232 p.
8. Ivankova L. N., Ivankov A. N., Fufacheva M. V. Razvitie metodov etapnogo ovladeniya perevozkami na dvukhputnykh liniyakh pri obrashchenii dlinnosostavnykh gruzovykh poezdov [Development of methods of step-by-step mastering of transportation on double-track lines when handling long-component freight trains]. Magnitogorsk, 2012.
9. Ivankova L.N., Bondarenko I.S. Vliyanie osnovnykh parametrov profilya nadvizhnoi i spusknnoi chastei sortirovochnoi gorki na pererabatyvayushchuyu sposobnost' [Influence of the main parameters of the profile of the sliding and descending parts of the shunting hump on the processing capacity]. *Nauka i tekhnika transporta* [Science and technology of transport], 2012. No. 4. Pp. 42–46.
10. Osipov D.V., Klimov A.A. Vliyanie prodol'nogo profilya pereval'noi chasti sortirovochnoi gorki na pererabatyvayushchuyu sposobnost' [Influence of the longitudinal profile of the transshipment part of the shunting hump on the processing capacity]. *Transport Urala* [Transport of the Urals], 2016. No. 4 (51). Pp. 71–76.
11. Bobrovskii V.I., Kolesnik A.I. [Analysis of the influence of the parameters of the longitudinal profile of the shunting hump on the dynamics of rolling off the hooks]. *Transportni sistemi ta tekhnologii perevezhen'* [Transport systems and transportation technologies], 2012. No. 3. Pp. 10–14.
12. Ivankova L.N. Analiz vliyaniya parametrov prodol'nogo profilya sortirovochnoi gorki na dinamiku skatyvaniya ottsepov [Ensuring the integrated design of the plan and profile of the shunting hump]. *Sovremennye problemy sovershenstvovaniya raboty zheleznodorozhnogo transporta* [Modern problems of improving the work of railway transport], 2018. No. 14. Pp. 18–21.
13. Gunbin A.A., Klimov A.A. Opredelenie vozmozhnogo polozheniya pervoi tormoznoi pozitsii otositel'no vershiny sortirovochnoi gorki s uchetom rospuska mnogovagonnykh ottsepov [Determination of the possible position of the first brake position relative to the top of the shunting hump, taking into account the dissolution of multi-railcar ottsepov]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya* [Bulletin of the Siberian State University of Railway Transport], 2019. No. 1 (48). Pp. 36–43.
14. Gunbin A.A., Klimov A.A. Otsenka vliyaniya kolichestva rastsepok «sverkhdlinnykh» ottsepov na tekhnologicheskii gorochnyi interval [Evaluation of the influence of the number of uncoupling of “extra-long” railcar cuts on the technological shunting hump interval]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya* [Bulletin of the Siberian State University of Railway Transport], 2019. No. 2 (49). Pp. 19–25.
15. Bobrovskii V.I., Dorosh A.S. Optimizatsiya rezhimov tormozheniya ottsepov raschetnoi gruppy sostava [Optimization of braking modes of railcar cuts of the designed group of the train set]. *Nauka ta progress* [Science and advancements], 2013. No. 1 (43). Pp. 103–112.
16. Kovalenko N.A., Efimov R.A., Borodin A.A., Sukhov A.A. Meropriyatiya po snizheniyu urovnya riska vozniknoveniya sobytii i proisshestvii v gorochnom komplekse [Measures to reduce the risk of events and accidents in the shunting hump complex]. *Tendentsii razvitiya zheleznodorozhnogo transporta i upravleniya perevochnym protsessom* [Trends in the development of railway transport and transport process management]. The Russian University of Transport (MIIT) Publ., 2020. Pp. 120–124.
17. Instruksiya po raschetu maksimal'no dopustimoi dliny ottsepa pri rospuske na sortirovochnykh gorkakh [Instructions for calculating the maximum permissible length of the railcar cut when breaking down on the shunting humps]. “Russian Railways” OAO Publ., 2012. 11 p.
18. Chetchuev M.V. Metody opisaniya struktury zheleznodorozhnoi stantsii pri razrabotke ee imitatsionnoi modeli [Methods of describing the structure of a railway station in the development of its simulation model] *Intellektual'nye sistemy na transporte* [Intelligent transport systems]. The Emperor Alexander I St. Petersburg State University of Railway Transport, 2014. Pp. 360–367.

Информация об авторах

Иванкова Людмила Николаевна – канд. техн. наук, доцент кафедры управления транспортными процессами, Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва, e-mail: ivankovaln@yandex.ru

Иванков Алексей Николаевич – канд. техн. наук, главный инженер ООО «ПСК ТехПроект», г. Москва, e-mail: aivankov@yandex.ru

Кузнецова Анжелика Николаевна – канд. техн. наук, доцент кафедры управления транспортными процессами, Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва, e-mail: aa135@mail.ru

Information about the authors

Lyudmila N. Ivankova – Ph. D. of Engineering Science, Associate Professor of the Subdepartment of Transport Process Management, Russian University of Transport (MIIT), Moscow, e-mail: ivankovaln@yandex.ru

Aleksei N. Ivankov – Ph. D. of Engineering Science, Chief engineer of “PSK TechProject” Co. OOO, Moscow, e-mail: aivankov@yandex.ru

Anzhelika N. Kuznetsova – Ph. D. of Engineering Science, Associate Professor of the Subdepartment of Transport Process Management, Russian University of Transport (MIIT), Moscow, e-mail: aa135@mail.ru