

## Анализ качества заполнения путей с помощью коэффициента вогнутости

**К.И. Корниенко**

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС); 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, д. 191

### АННОТАЦИЯ

Перерабатывающая способность сортировочной горки зависит от сортировочного парка, где происходит накопление вагонов. Изменение продольного профиля пути сортировочного парка приводит к увеличению количества осаживаний и отцепки вагонов из-за коммерческих неисправностей, что увеличивает горочный интервал. Одним из методов расчета влияния изменения продольного профиля пути на качество работы сортировочной системы является имитационное моделирование. Несмотря на высокую точность данного метода, его реализация достаточно сложна. Рассмотрена возможность использования коэффициента вогнутости продольного профиля пути сортировочного парка для анализа качества его заполнения.

Применена разработанная имитационная модель заполнения путей сортировочного парка «СортПарк 2», учитывающая трогания отцепы с места после остановки; погрешность работы устройств контроля и задания скорости выпуска отцепов с парковой тормозной позиции на путь; движение вагонов при соударении с ними следующего отцепы. Исследования показали, что коэффициент вогнутости может применяться как числовой критерий при оценке отклонения профиля от нормативных значений. Существует зависимость между коэффициентом вогнутости и показателем качества заполнения пути. Полученные результаты могут быть использованы при оценке эффективности выправки профиля пути.

**Ключевые слова:** сортировочная горка; профиль пути; сортировочный парк; имитационное моделирование; реверсное движение; железнодорожная станция; коэффициент вогнутости

## Path filling quality analysis using concavity coefficient

**Konstantin I. Kornienko**

Siberian Transport University (STU); 191 Dusi Kovalchuk st., Novosibirsk, 630049, Russian Federation

### ABSTRACT

The processing ability of the sorting hill depends on the sorting park, where the accumulation of wagons takes place. Changing the longitudinal profile of the sorting fleet path leads to an deposition and uncoupling of wagons due to commercial malfunctions, which increases the hill interval. One of the methods for calculating the impact of changes in the longitudinal profile of the track on the quality of the sorting system is simulation. Despite the high accuracy of this method, its implementation is quite complicated. The possibility of using the concavity coefficient of the longitudinal profile of the sorting park path to analyze the quality of its filling is considered.

The developed simulation model of filling the paths of the sorting park "SortPark 2" was applied, taking into account the moving of the trailer from the place after the stop; the error in the operation of control devices and setting the release speed of the couplers from the park brake position to the path; the movement of cars in the collision with them of the next release. Studies have shown that the concavity coefficient can be used as a numerical criterion in assessing the deviation of the profile from standard values. There is a relationship between the concavity coefficient and the path fill quality index. The results can be used to assess the effectiveness of straightening the profile of the path.

**Keywords:** sorting hill; track profile; sorting park; simulation modeling; reverse movement; railway station; concavity coefficient

## ВВЕДЕНИЕ

Сортировочные горки и станции являются важнейшим элементом транспортной инфраструктуры [1–5]. Перерабатывающая способность сортировочной горки зависит от множества факторов<sup>1</sup>. Вопрос влияния сортировочного парка на перерабатывающую способность изучен недостаточно. В

работе [6] автор рассматривает влияние качества заполнения путей на работу сортировочной станции и приходит к выводу, что низкое качество заполнения путей снижает перерабатывающую способность сортировочной горки. В трудах [7–11] изучается влияние продольного профиля на качество заполнения пути. Выявлено, что отклонение

<sup>1</sup> Тишков Л.Б., Шейкин В.П., Муха Ю.А. и др. Пособие по применению правил и норм проектирования сортировочных устройств. М.: Транспорт, 1994. 220 с.

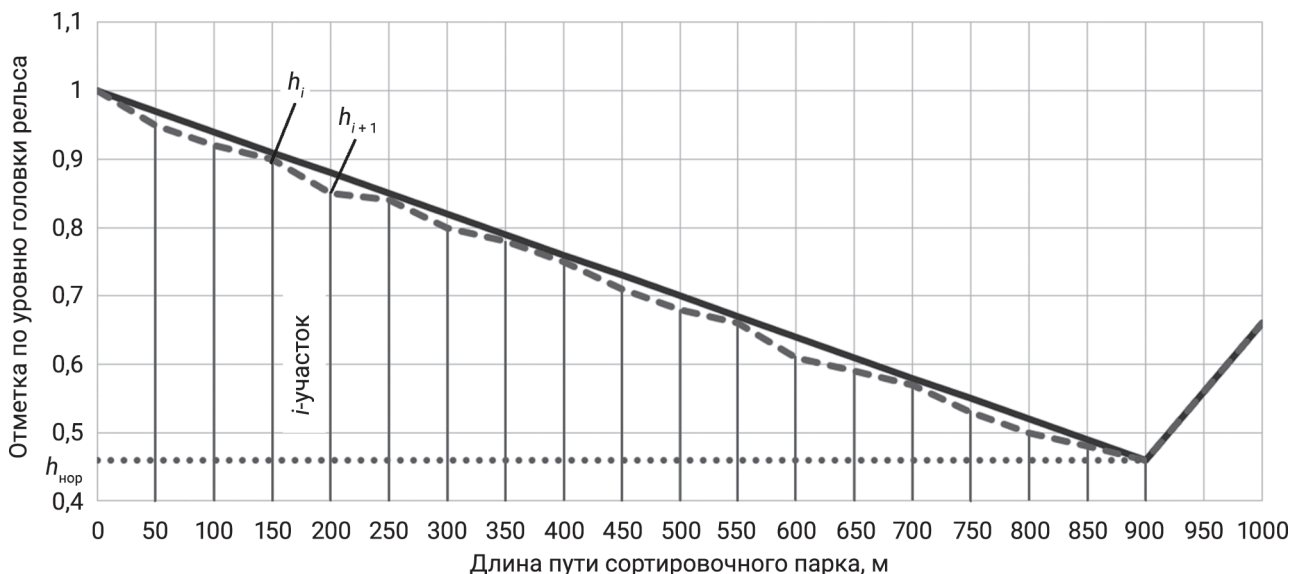


Рис. 1. Пояснение к формуле (1)

продольного профиля от нормативных значений снижает качество заполнения пути.

Для анализа отклонения продольного профиля спускной части сортировочной горки в исследовании [12] предлагается использовать коэффициент вогнутости. В связи с тем, что сравнение производится с максимально возможной площадью продольного профиля, а не с нормативными значениями, наилучшая характеристика по скатыванию достигается при коэффициенте в пределах 0,5–0,6. Спускная часть состоит из множества уклонов, имеющих свои длины и нормативные значения, поэтому полученный коэффициент не показал соответствия фактического профиля наилучшей характеристике скатывания.

По нормативу<sup>2</sup> продольный профиль сортировочного парка должен состоять из уклона и противоуклона, располагающегося на последних 100 м пути. Поэтому применительно к сортировочному пути коэффициент вогнутости будет характеризовать отклонение продольного профиля пути от нормативного значения. Зная высоту отметок и расстояние между ними, коэффициент вогнутости продольного профиля пути сортировочного парка (КВСП) можно найти по формуле

$$\mu = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (h_i + h_{i+1})l_i}{(h_1 + h_{норм})l_y}, \quad (1)$$

где  $n$  — количество участков, шт.;  $h_i$  — высота в начале  $i$ -го участка, м;  $h_{i+1}$  — высота в конце  $i$ -го участка, м;  $l_i$  — длина  $i$ -го участка, м;  $h_1$  — высота начала пути сортировочного парка, м;  $h_{норм}$  — нормативная высота конца уклона пути сортировочного парка, м;  $l_y$  — нормативная длина уклона пути, м.

На рис. 1 представлено пояснение к формуле (1).

Цель статьи — исследование возможности применения КВСП для оценки качества заполнения пути.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании в качестве примера рассматривается путь длиной 1000 м от парковой тормозной позиции до изолирующих стыков в выходной горловине. Уклон поделен на две части в точке 450 м, где и происходит изменение уровня головки рельса. Высоты в начале и конце уклона не меняются и составляют 1 и 0,45 м. Расчет ведется по формуле

$$\mu = 1 - \frac{h_1 + 2h_2 + h_3}{(h_1 + h_3)2}. \quad (2)$$

Коэффициент вогнутости продольного профиля пути сортировочного парка принимает как отрицательные от  $-0,18$  (высота в точке 450 м составляет 1 м), так и положительные значения до  $+0,18$  (высота в точке 450 м составляет 0,45 м).

Для исследования применялась имитационная модель заполнения путей сортировочного парка «СортПарк 2» [13–14]. Особенности модели являются учет трогания отцепы с места после остановки, учет погрешности работы устройств контроля и задания скорости выпуска отцепов с парковой тормозной позиции на путь и учет движения вагонов при соударении с ними следующего отцепы.

Высокое качество заполнения путей характеризуется минимизацией «окон» и сокращением скорости соударения отцепов. В качестве показателей качества заполнения путей рассмотрены следующие:

<sup>2</sup> Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм. М.: Техинформ, 2003.

- коэффициент использования полезной длины пути сортировочного парка;
- среднее количество осаживаний, необходимых для накопления одного состава;
- средняя скорость соударения отцепов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Коэффициент использования полезной длины пути сортировочного парка характеризует величину «окон» между отцепами. Он был рассчитан на основании коэффициента качества заполнения путей, используемого на автоматизированных сортировочных горках [15–16]. На рис. 2 представлена зависимость данного коэффициента от КВСП.

По рис. 2 можно сделать вывод, что коэффициент использования полезной длины пути сортировочного парка уменьшается при уменьшении КВСП. По нормативной документации данный коэффициент должен быть в пределах 0,8–1 [15]. Следовательно, при нулевом КВСП коэффициент

находится в пределах нормативных значений. Рост КВСП не приведет к существенному изменению данного коэффициента, а соответственно, проседание профиля не повлечет снижение величины «окон» между отцепами. При отрицательных значениях КВСП коэффициент резко падает, это значит, что уменьшение величины уклона приводит к увеличению «окон» между отцепами.

На рис. 3 представлена зависимость среднего количества осаживаний, необходимых для накопления одного состава от КВСП.

По рис. 3 можно сделать вывод, что существует обратная зависимость между КВСП и средним количеством осаживаний. При положительных значениях КВСП уменьшение количества осаживаний происходит с маленькой скоростью. Разница между количеством при КВСП 0 и 0,18 составляет всего 0,29. При отрицательных значениях увеличение коэффициента приводит к резкому уменьшению количества осаживаний.

Из рис. 2 и 3 очевидно, что пучение профиля приводит к снижению качества заполнения пути и

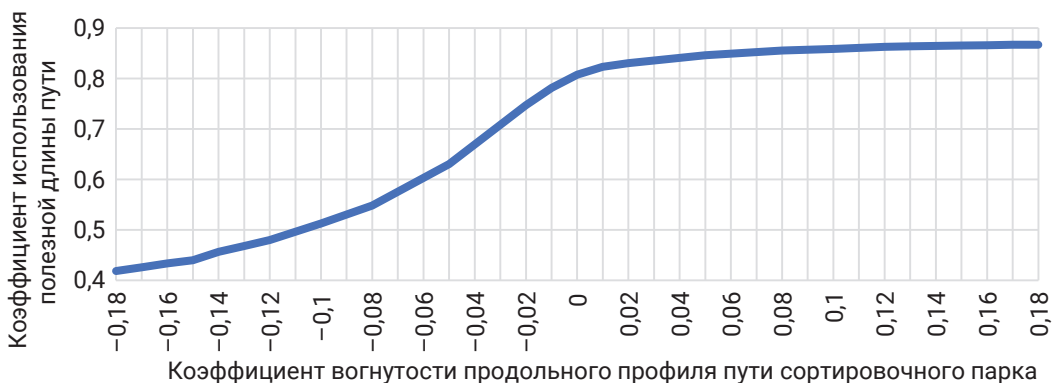


Рис. 2. Зависимость коэффициента использования полезной длины пути сортировочного парка от КВСП

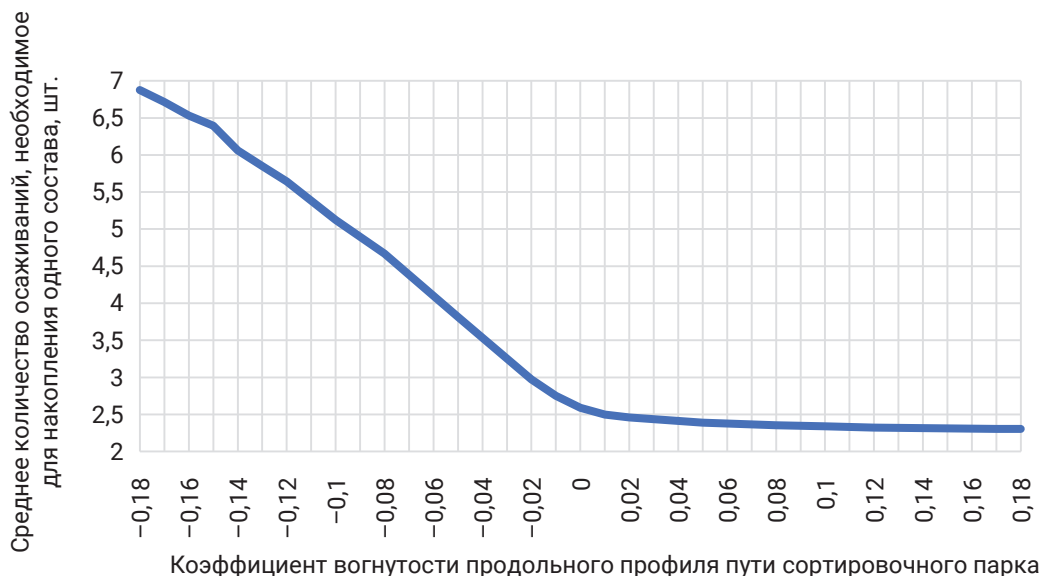


Рис. 3. Зависимость среднего количества осаживаний от КВСП

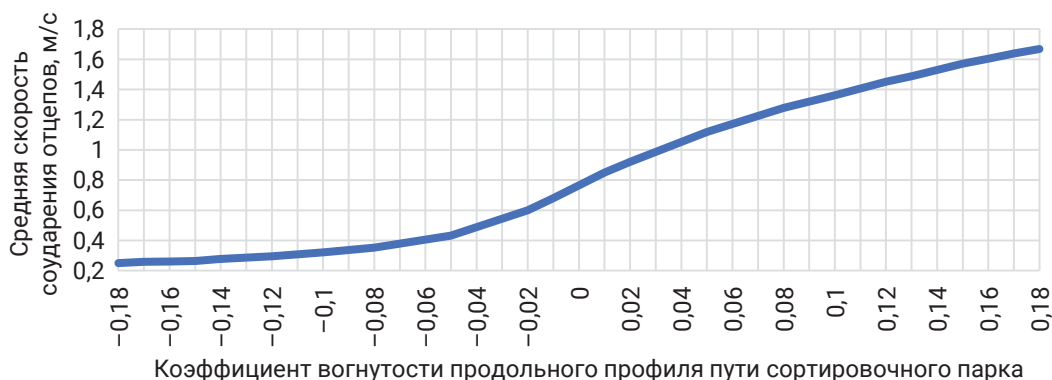


Рис. 4. Зависимость средней скорости соударения отцепов от КВСП

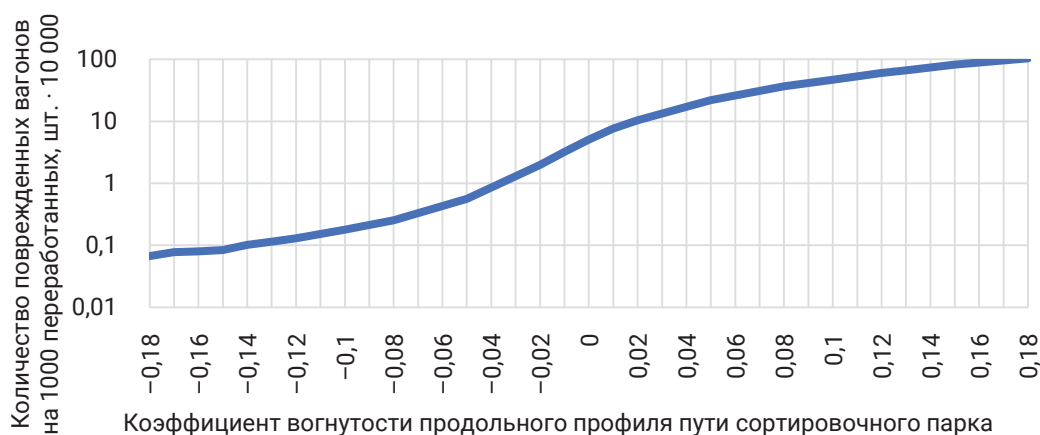


Рис. 5. Зависимость количества поврежденных вагонов от КВСП

повышению количества осаживаний. По этим рисункам можно сделать еще один вывод: проседание уклона незначительно влияет на величину «окон» и количество осаживаний. Кроме того, проседание профиля влияет на скорость движения отцепа, а значит повысится и средняя скорость соударения. Зависимость средней скорости соударения от КВСП представлена на рис. 4.

Согласно рис. 4 средняя скорость соударения отцепов зависит от КВСП. Проседание профиля приводит к увеличению средней скорости соударения отцепов, в результате чего повышается и количество коммерческих неисправностей. На рис. 5 приведен график зависимости количества поврежденных вагонов от средней скорости соударения<sup>1</sup>.

Значит, можно сделать вывод (рис. 5), что проседание профиля приводит к росту количества коммерческих неисправностей и к снижению безопасности отпуска вагонов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлен новый способ оценки отклонения продольного профиля путей сортировочного парка от нормативного значения. Для этого использует-

ся КВСП, который показывает отношение площади продольного сечения профиля пути сортировочного парка к нормативной площади сечений.

В качестве примера рассмотрена зависимость качества заполнения пути от данного коэффициента. Исследовалось изменение уровня головки рельса в середине уклона. Выявлено, что отклонение КВСП от нуля в большую сторону (проседание профиля) приводит к резкому росту поврежденных вагонов, а коэффициент использования полезной длины пути сортировочного парка и среднее количество осаживаний, необходимых для накопления одного состава, растут незначительно, не превышая 10 %. При уменьшении коэффициента от нуля происходит резкое уменьшение средней скорости соударения отцепов, коэффициента использования полезной длины, и, как следствие, рост среднего количества осаживаний, необходимых для накопления одного состава.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что при увеличении КВСП до нуля качество заполнения пути будет повышаться, дальнейшее увеличение коэффициента приведет к снижению качества заполнения пути. Данные результаты могут быть использованы при разработке методики оценки эффективности выправки профиля пути сортировочного парка.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Казанцева Л.С., Югина О.П. Нормирование сроков доставки грузов и технология перевозочного процесса // Бюллетень транспортной информации. 2015. № 6 (240). С. 29–33.
2. Pokrovskaya O., Fedorenko R. Evolutionary-functional approach to transport hubs classification // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. Pp. 356–365. DOI: 10.1007/978-3-030-19756-8\_33
3. Покровская О.Д. Классификация узлов и станций как компонентов транспортной логистики // Вестник транспорта Поволжья. 2016. № 5 (59). С. 77–86.
4. Покровская О.Д. Классификация объектов железнодорожной терминально-складской инфраструктуры // Вестник УрГУПС. 2017. № 1 (33). С. 70–83. DOI: 10.20291/2079-0392-2017-1-70-83
5. Покровская О.Д. Логистическая классность железнодорожных станций // Вестник УрГУПС. 2018. № 2 (38). С. 68–76. DOI: 10.20291/2079-0392-2018-2-68-76
6. Карасев С.В. Влияние конструкции горки, структуры вагонопотока и внешней среды на качество заполнения путей сортировочного парка: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск: Сиб. гос. ун-т путей сообщ., 2003. 24 с.
7. Корниенко К.И. Совершенствование метода расчета продольного профиля сортировочных путей железнодорожных станций: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск: Сиб. гос. ун-т путей сообщ., 2019. 24 с.
8. Kornienko K., Bessonenko S. Effect of the sorting track profile change on the it's occupancy quality at train humping // *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 216. P. 02012. DOI: 10.1051/mateconf/201821602012
9. Ахмаев Е.А., Бессоненко С.А., Борисов В.В., Корниенко К.И. Исследование движения отцепа в сортировочном парке // Транспорт Урала. 2017. № 4 (55). С. 49–53. DOI: 10.20291/1815-9400-2017-4-49-53
10. Bessonenko S., Kornienko K., Tanaino I. Influence of opposite elevation on the occupancy level of the tracks of sorting park // *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 239. P. 03002. DOI: 10.1051/mateconf/201823903002
11. Kozachenko D.M., Bobrovskiy V.I., Grevtsov S.V., Berezoviy M.I. Controlling the speed of rolling cuts in conditions of reduction of brake power of car retarders // Наука та прогрес транспорту. 2016. № 3 (63). С. 28–40.
12. Колесник А.И. Совершенствование методов определения продольного профиля сортировочных горок // Бюллетень научных работ Брянского филиала МИИТ. 2013. № 1 (3). С. 17–21.
13. Корниенко К.И. Программа для имитационного моделирования заполнения пути сортировочного парка «Сорт-Парк 2» // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов Наука и образование. 2018. № 5 (108). С. 31.
14. Корниенко К.И. Совершенствование методики имитационного моделирования заполнения пути сортировочного парка // Транспорт Урала. 2018. № 2 (57). С. 35–42. DOI: 10.20291/1815-9400-2018-2-35-42
15. Шабельников А.Н., Одикадзе В.Р. Определение прцельной скорости выхода отцепа с парковой тормозной позиции // Автоматика, связь, информатика. 2009. № 3. С. 9–11.
16. Гапанович В.А., Шабельников А.Н. О разработке автоматизированных сортировочных систем // Железнодорожный транспорт. 2010. № 8. С. 23–25.

## REFERENCES

1. Kazantseva L.S., Yugrina O.P. Rationing of freight delivery time and technology of railway transportation. *Bulletin of Transport Information*. 2015; 6(240):29-33. (In Russian).
2. Pokrovskaya O., Fedorenko R. Evolutionary-functional approach to transport hubs classification. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020; 356-365. DOI: 10.1007/978-3-030-19756-8\_33
3. Pokrovskaya O.D. Classification of hubs and stations as components of transport logistics. *Vestnik transporta Povolzhya*. 2016; 5(59):77-86. (In Russian).
4. Pokrovskaya O.D. Classification of objects of railway terminal and warehouse infrastructure. *The Herald of Ural State University of Railway Transport*. 2017; 1(33):70-83. DOI: 10.20291/2079-0392-2017-1-70-83 (In Russian).
5. Pokrovskaya O.D. Logistic classiness of railway stations. *The Herald of Ural State University of Railway Transport*. 2018; 2(38):68-76. DOI: 10.20291/2079-0392-2018-2-68-76 (In Russian).
6. Karasev S.V. *Influence of hump construction, car traffic formation and the external environment on the quality of filling the tracks of the classification yard: PhD in Engineering Thesis*. Novosibirsk, Siberian State University of Railway Engineering, 2003; 203. (In Russian).
7. Kornienko K.I. *Improving the method for calculating the profile elevation of the sorting tracks of railway stations: PhD in Engineering Thesis*. Novosibirsk, Siberian State University of Railway Engineering, 2019; 24. (In Russian).
8. Kornienko K., Bessonenko S. Effect of the sorting track profile change on the it's occupancy quality at train humping. *MATEC Web of Conferences*. 2018; 216:02012. DOI: 10.1051/mateconf/201821602012
9. Akhmaev E.A., Bessonenko S.A., Borisov V.V., Kornienko K.I. Investigation of car movement in a sorting park. *Transport of the Urals*. 2017; 4(55):49-53. DOI: 10.20291/1815-9400-2017-4-49-53 (In Russian).
10. Bessonenko S., Kornienko K., Tanaino I. Influence of opposite elevation on the occupancy level of the tracks of sorting park. *MATEC Web of Conferences*. 2018; 239:03002. DOI: 10.1051/mateconf/201823903002
11. Kozachenko D.M., Bobrovskiy V.I., Grevtsov S.V., Berezoviy M.I. Controlling the speed of rolling cuts in conditions of reduction of brake power of car retarders. *Science and Transport Progress*. 2016; 3(63):28-40.
12. Kolesnyk A.I. The improvement of calculation methods of a longitudinal profile of sorting humps. *Bulletin of MIIT Scientific Works*. 2013; 1(3):17-21. (In Russian).
13. Kornienko K.I. The program for simulating the track filling in the sorting park «SortPark 2». *Chronicles of the Joint Electronic Resources Fund Science and Education*. 2018; 5(108):31. (In Russian).
14. Kornienko K.I. Improvement of simulation modeling of classification tracks filling. *Transport of the Urals*. 2018; 2(57):35-42. DOI: 10.20291/1815-9400-2018-2-35-42 (In Russian).



15. Shabelnikov A.N., Odikadze V.R. Determination of the aiming speed of the release of the release from the park brake position. *Automation, Communication, Informatics*. 2009; 3:9-11. (In Russian).

16. Gapanovich V.A., Shabelnikov A.N. On the development of automated sorting systems. *Railway Transport*. 2010; 8:23-25. (In Russian).

### Об авторе

**Константин Ильич Корниенко** — кандидат технических наук, преподаватель кафедры управления эксплуатационной работой; **Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)**; 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, д. 191; Kkonstantini@mail.ru.

### Bionotes

**Konstantin I. Kornienko** — PhD, Lecturer of the Department of Operations Management; **Siberian Transport University (STU)**; 191 Dusi Kovalchuk st., Novosibirsk, 630049, Russian Federation; Kkonstantini@mail.ru.

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Корниенко К.И. Анализ качества заполнения путей с помощью коэффициента вогнутости // Техник транспорта: образование и практика. 2020. Т. 1. Вып. 1–2. С. 106–111. DOI: 10.46684/2687-1033.1.17

**FOR CITATION:** Kornienko K.I. Path filling quality analysis using concavity coefficient. *Transport technician: education and practice*. 2020; 1(1-2):106-111. (in Russian). DOI: 10.46684/2687-1033.1.17

Поступила в редакцию 8 апреля 2020 г.  
Received on April 8, 2020.

© К.И. Корниенко, 2020