

УДК 656.212.5

https://doi.org/10.33619/2414-2948/54/41

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРОК ДЛЯ ФОРМАЛИЗАЦИИ В ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ

©*Ситников С. А.*, ORCID: 0000-0002-7653-6587, канд. техн. наук,
Уральский государственный университет путей сообщения,
г. Екатеринбург, Россия, S.Sitnikov1958@mail.ru

©*Рыкова Л. А.*, ORCID: 0000-0002-5449-2843, канд. техн. наук, Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург, Россия, L.A.Rykova@mail.ru

©*Конеv А. Ф.*, ORCID: 0000-0003-2221-8257, г. Екатеринбург, Россия, a.f.konev@mail.ru

IMPROVEMENT OF TECHNIQUE FOR DESIGNING SORTING SLIDES FOR FORMALIZATION IN SOFTWARE PRODUCTS

©*Sitnikov S.*, ORCID: 0000-0002-7653-6587, Ph.D., Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg, Russia, S.Sitnikov1958@mail.ru

©*Rykova L.*, ORCID: 0000-0002-5449-2843, Ph.D., Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg, Russia, L.A.Rykova@mail.ru

©*Konev A.*, ORCID: 0000-0003-2221-8257, Yekaterinburg, Russia, a.f.konev@mail.ru

Аннотация. Важное значение для стабильной и ритмичной работы сортировочной станции имеет конструкция сортировочной горки, параметры которой при проектировании определяются в соответствии с методикой, приведенной в действующих «Правилах и нормах проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм». Расчетная высота сортировочной горки должна обеспечивать скатывание расчетного плохого бегуна при неблагоприятных условиях на самый трудный путь сортировочного парка. В статье изложены результаты анализа методики определения трудного по условиям скатывания пути сортировочного парка, предложена формула упрощающая порядок определения такого пути и позволяющая перенести вычисления в компьютерную программу еще в процессе проектирования плана горочной горловины сортировочного парка.

Abstract. For stable and rhythmic operation of the sorting station, the design of a sorting slide is necessary. The parameters of the sorting slide during design are determined in accordance with the methodology "Rules and norms for the design of sorting devices for 1520 mm gauge railways". The estimated height should provide the most difficult route of the sorting park. The results of the analysis of the methodology for determining the difficult from the point of view of rolling the sorting park path are presented, a formula is proposed that simplifies the procedure for determining such a path. It is possible to transfer calculations to a computer program even in the process of developing a neck plan for a sorting park.

Ключевые слова: сортировочная станция, горка, высота горки, трудный путь, расчетная точка, компьютерное проектирование.

Keywords: sorting station, slide, slide height, hard way, settlement point, computer design.

В современных условиях широкого применения вычислительной техники во всех отраслях экономики, в том числе в проектной деле, все же остается ряд направлений, где компьютерные программы разработаны не для всех процессов. При проектировании



сортировочных горок «Правила и нормы проектирования сортировочных устройств» [1] предусматривают использование программных продуктов только для оценки вариантов профиля горки на этапе принятия окончательного решения. На этапе выполнения предварительных расчетов, результаты которых определяют принятие окончательных проектных решений, в частности, высоты горки, вариантов профиля, мощности тормозных позиций необходимые комплексы программных средств требуют большего внимания к их разработке.

Ранее отмечалось [2], что на данном этапе проектировщики вполне предсказуемо используют классические программные продукты, например Excel. Существуют отдельные разработки, применяемые для проверки динамичности проектного профиля спускной части горки [3].

В «Правилах и нормах проектирования сортировочных устройств» предлагается определенный порядок выполнения расчетов, есть необходимые формулы, но многие параметры в них заданы табличными значениями, что усложняет процесс программирования [1]. А размытость некоторых формулировок не позволяет качественно сформировать в программе алгоритм вычисления.

В качестве примера предлагается рассмотреть методику определения трудного пути сортировочного парка для последующего расчета высоты горки.

Правила определяют высоту горки как разницу фактических высот вершины горки и расчетной точки. Причем высота сортировочной горки определяется как сумма расчетных профильных высот элементов продольного профиля и проверяется по условию обеспечения пробега вагонов расчетной весовой категории до расчетной точки трудного пути при неблагоприятных условиях работы горки. Расчетная точка принимается на расчетном трудном пути, на расстоянии 50 м от выходного конца парковой тормозной позиции или от башмакосбрасывателя (при регулировании скорости отцепов на сортировочных путях тормозными башмаками) [1, п. 5.1].

Для определения трудного пути, в соответствии с Правилами, необходимо выполнить расчеты различных видов сопротивлений, действующих на вагон в процессе роспуска с горки по всем путям сортировочного парка [1]. Максимальное значение суммарной удельной работы сил сопротивления движению вагона по одному из путей определяет его как трудный. И на этом пути размещается расчетная точка.

Впервые эта норма расположения расчетной точки появилась в Правилах [4, п. 6.1]. Ранее Инструкцией по проектированию станций и узлов [5, прил. 1, п. 12] рекомендовалось расчетной считать точку, расположенную за предельным столбиком последнего стрелочного перевода расчетного пути для горок большой мощности на расстоянии 100 м, для горок средней мощности — 80 м, для горок малой мощности и других малых сортировочных устройств — 50 м.

Следует отметить следующее. В Инструкции [5] местоположение расчетной точки строго регламентируется планом горочной горловины. Чаще всего, особенно при стандартной горловине, эта точка размещается на крайнем пути парка, имеющем большую длину пробега от вершины горки, большую сумму кривых и даже большее число стрелочных переводов, что и определяет этот путь как самый трудный.

В варианте Правил [1], который действует в настоящее время, нет четкой привязки расчетной точки к плану горловины.

Поясним. Для горок большой и средней мощности, где третья (парковая) тормозная позиция является механизированной и вагонные замедлители имеют четкое местоположение на плане горочной горловины сортировочного парка, действующая методика не вызывает

никаких сомнений. Однако, если на горке малой мощности парковые тормозные позиции оборудуются башмакобрасывателями, местоположение расчетной точки на плане горловины жестко не регламентируется. Оно зависит от расположения башмакобрасывателей, которые, согласно Правил [1, п. 6.13], следует укладывать на расстоянии *не ближе 25 м* за предельным столбиком последнего стрелочного перевода прямого пути или *не ближе 25 м* за концом последней по маршруту следования бегуна закрестовинной кривой.

С такой ситуацией авторы статьи столкнулись при анализе плана и продольного профиля ряда сортировочных горок на одной из железных дорог сети. В качестве примера приведем характеристики одной из них. Горка средней мощности с объемом переработки немного превышающим 2000 вагонов в сутки. В сортировочном парке 22 пути, объединенные в три пучка по 6, 8 и 8 путей. Горка имеет один путь надвига, один путь роспуска, три тормозные позиции: первая и вторая механизированы, третья — оборудована башмакобрасывателями.

Размещение башмакобрасывателей относительно последних предельных столбиков по маршрутам следования отцепов представлено на Рисунке.

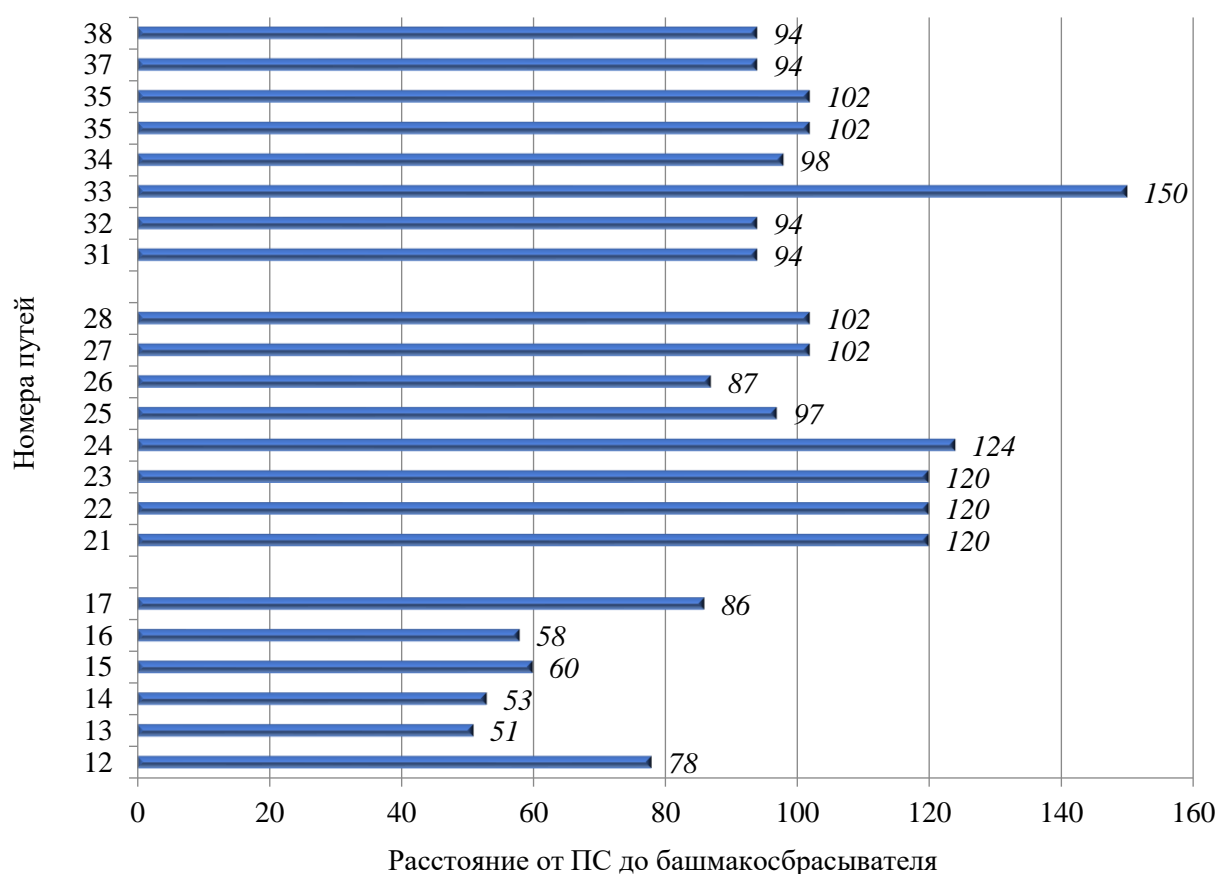


Рисунок. Расстояние от предельного столбика до башмакобрасывателя третьей тормозной позиции.

Следует отметить, что расстояния до башмакобрасывателей на всех путях значительно больше 25 м и имеет место существенный разброс значений фактических расстояний до башмакобрасывателей. По пучкам такой разброс между минимальным и максимальным значениями составляет: пучок 1 — 35 м, пучок 2 — 37 м, пучок 3 — 56 м. Конечно, к такому разбросу расстояний приводит и стремление к размещению башмакобрасывателей в створе (примерно на одинаковой позиции вдоль путей в пучках). Тем не менее, разброс достаточно большой, а, следовательно, расположение расчетной точки может оказаться не оптимальным,

что в свою очередь приведет к ошибочной оценке трудного пути и в конечном итоге – высоты горки.

Согласно Правил [1, п. 5.1], за расчетный трудный путь принимается тот сортировочный путь, по маршруту скатывания на который суммарная удельная работа всех сил сопротивления движению вагона имеет наибольшее значение. Формула расчета суммарной удельной работы всех сил сопротивления движению вагона [1, п. 4.12] представлена в следующем виде:

$$h_w = h_{\text{осн}} + h_{\text{ск}} + h_{\text{св}} + h_{\text{си}} \quad (1)$$

где h_w — суммарная удельная работа сил сопротивления движению вагона; $h_{\text{осн}}$ — удельная работа при преодолении основного удельного сопротивления движению вагона; $h_{\text{ск}}$ — удельная работа при преодолении сопротивления движению вагона от ударов колесных пар на стрелочных переводах и в кривых; $h_{\text{св}}$ — удельная работа при преодолении сопротивления движению вагона от среды и ветра; $h_{\text{си}}$ — удельная работа при преодолении сопротивления движению вагона от снега и инея.

Для определения трудного сортировочного пути рассматриваемой горки необходимо определить суммарную удельную работу всех сил сопротивления движению вагона по всем маршрутам следования. Результаты расчетов приведены в Таблице 1.

Анализ результатов выполненных расчетов показал, что максимальной суммарная удельная работа сил сопротивления будет при движении вагона по маршруту 1–38. Таким образом, трудным является сортировочный путь №38.

Расчеты показывают, что при определении трудного пути изменение параметров вагона не оказывают влияния на результат. Можно было-бы предположить, что из всех исходных параметров существенное влияние на выбор трудного пути может оказывать направление встречного ветра, так как при движении по разным маршрутам площадь поверхности обдува ветром вагона меняется. Для проверки этого предположения были проведены дополнительные расчеты, в которых изменялось направление встречного ветра. При этом результат оказался неизменным — максимальной суммарная удельная работа сил сопротивления движению вагона осталась по маршруту скатывания на сортировочный путь №38.

Анализируя формулу (1) следует отметить, что три ее элемента $h_{\text{осн}}$, $h_{\text{осн}}$, $h_{\text{осн}}$ определяются характеристиками расчетного бегуна и пока эти характеристики неизвестны, выполнять расчеты по определению трудного пути нет возможности. При этом характеристики расчетного бегуна остаются неизменными в процессе всего расчета. При выполнении оптимальных расчетов неизменные параметры можно не учитывать и, следовательно, для определения трудного пути предлагается рассчитывать только удельную работу сил сопротивления от стрелочных переводов и кривых.

Таблица 1.

РАСЧЕТ СУММАРНОЙ УДЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ
 ДВИЖЕНИЮ РАСЧЕТНОГО БЕГУНА*

№ маршрута	Длина маршрута <i>m</i>	Кол-во стрелок, <i>n</i>	Сумма углов поворота, $\sum \alpha_{СК}$ в градусах	$h_{осн},$ мэв	$h_{св},$ мэв	$h_{си},$ мэв	$h_{СК},$ мэв	$h_w,$ мэв
1-12	455,31	5	51,400	0,797	1,387	0,030	0,234	2,448
1-13	453,68	6	51,264	0,794	1,382	0,030	0,242	2,448
1-14	452,76	6	42,751	0,792	1,379	0,030	0,211	2,412
1-15	451,95	6	48,964	0,791	1,377	0,030	0,234	2,431
1-16	450,72	6	38,489	0,789	1,373	0,029	0,195	2,387
1-17	452,90	5	38,683	0,793	1,380	0,030	0,187	2,389
1-21	450,55	5	51,551	0,788	1,373	0,029	0,235	2,425
1-22	449,44	5	41,850	0,787	1,369	0,029	0,199	2,384
1-23	449,57	5	40,843	0,787	1,370	0,029	0,195	2,381
1-24	449,36	5	40,996	0,786	1,369	0,029	0,196	2,380
1-25	452,26	5	46,913	0,791	1,378	0,030	0,217	2,416
1-26	452,98	5	44,745	0,793	1,380	0,030	0,209	2,412
1-27	454,02	5	44,946	0,795	1,383	0,030	0,210	2,418
1-28	454,43	5	53,811	0,795	1,384	0,030	0,243	2,452
1-31	450,97	5	58,845	0,789	1,374	0,030	0,261	2,454
1-32	450,28	5	49,003	0,788	1,372	0,029	0,225	2,414
1-33	450,42	5	51,048	0,788	1,372	0,029	0,233	2,423
1-34	450,94	5	52,540	0,789	1,374	0,030	0,238	2,431
1-35	451,67	5	47,621	0,790	1,376	0,030	0,220	2,416
1-36	452,63	5	56,901	0,792	1,379	0,030	0,254	2,455
1-37	453,92	5	58,231	0,794	1,383	0,030	0,259	2,466
1-38	455,04	5	67,301	0,796	1,386	0,030	0,292	2,505

*Исходные данные: вес расчетного бегуна — 23,4 т; направление роспуска (румб) — СЗ; угол к румбу роспуска — 11°; температура среды — -18,7 °С; скорость встречного ветра — 4,56 м/с; направление встречного ветра (румб) — СЗ.

Формула для расчета удельной работы при преодолении сопротивления движению вагона от ударов колесных пар вагона на стрелочных переводах и в кривых в Правилах [1, пункт 4.3] представлена в следующем виде:

$$h_{СК} = (0,56n + 0,23\sum\alpha_{СК})V^2 10^{-3} \quad (2)$$

где $h_{СК}$ — удельная работа при преодолении сопротивления движению вагона от ударов колесных пар на стрелочных переводах и в кривых; n — число стрелочных переводов на маршруте скатывания вагона; $\sum\alpha_{СК}$ — сумма углов поворота, включая стрелочные углы, на маршруте скатывания; V — средняя скорость движения вагона на маршруте (участке) скатывания.

Преобразовав формулу, разделив обе части уравнения на величину $V^2 10^{-3}$, получили выражение, используемое для определения коэффициента, который предлагается назвать коэффициентом потерь от стрелок и кривых:

$$k_{СК} = (0,56n + 0,23\sum\alpha_{СК}) \quad (3)$$

Коэффициент $k_{ск}$ предлагается рассчитывать для всех маршрутов скатывания вагона. Для программного продукта формула примет вид:

$$k_{ск}^i = (0,56n^i + 0,23\sum a_{ск}^i) \rightarrow max \quad (4)$$

где i — номер маршрута скатывания.

Формула (4) значительно упрощает вычисления, которые требуется выполнять для определения трудного пути сортировочного парка. Использование предлагаемой методики позволит определять расчетный трудный путь на этапе проектирования горочной горловины сортировочного парка. При этом предлагается расчетную точку располагать на расстоянии 50 м за башмакосбрасывателями, которые в свою очередь устраивать на расстоянии 25 м от конца последней закрестовинной кривой или последнего предельного столбика.

Расчеты коэффициента потерь от стрелок и кривых по формуле (3) приведены в Таблице 2.

Таблица 2.

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ПОТЕРЬ ОТ СТРЕЛОК И КРИВЫХ НА ОСНОВЕ ПЛАНА
ГОРЛОВИНЫ СОРТИРОВОЧНОГО ПАРКА

№ маршрута	Длина маршрутам	Кол-во стрелок, n	Сумма углов поворота, $\sum \alpha_{ск}$ в градусах	Коэффициент потерь от стрелок, k_c	Коэффициент потерь от кривых, k_k	Коэффициент потерь от стрелок и кривых, $k_{ск}$
1-12	455,31	5	51,400	2,800	11,822	14,622
1-13	453,68	6	51,264	3,360	11,791	15,151
1-14	452,76	6	42,751	3,360	9,833	13,193
1-15	451,95	6	48,964	3,360	11,262	14,622
1-16	450,72	6	38,489	3,360	8,853	12,213
1-17	452,90	5	38,683	2,800	8,897	11,697
1-21	450,55	5	51,551	2,800	11,857	14,657
1-22	449,44	5	41,850	2,800	9,625	12,425
1-23	449,57	5	40,843	2,800	9,394	12,194
1-24	449,36	5	40,996	2,800	9,429	12,229
1-25	452,26	5	46,913	2,800	10,790	13,590
1-26	452,98	5	44,745	2,800	10,291	13,091
1-27	454,02	5	44,946	2,800	10,338	13,138
1-28	454,43	5	53,811	2,800	12,377	15,177
1-31	450,97	5	58,845	2,800	13,534	16,334
1-32	450,28	5	49,003	2,800	11,271	14,071
1-33	450,42	5	51,048	2,800	11,741	14,541
1-34	450,94	5	52,540	2,800	12,084	14,884
1-35	451,67	5	47,621	2,800	10,953	13,753
1-36	452,63	5	56,901	2,800	13,087	15,887
1-37	453,92	5	58,231	2,800	13,393	16,193
1-38	455,04	5	67,301	2,800	15,479	18,279

Анализ результатов выполненных расчетов показал, что максимальным коэффициент потерь от стрелок и кривых является для маршрута 1-38. Таким образом, трудным следует



считать сортировочный путь №38. Этот результат не отличается от результата, полученного при выполнении расчетов с использованием существующей методики [1], однако получен он менее сложным расчетом, основанным на анализе плана горочной горловины сортировочного парка.

Предлагаемая формула (5) может быть использована для определения легкого пути, который в свою очередь является исходным элементом для расчета в последующем мощности тормозных средств горки.

$$k_{\text{СК}}^i = (0,56n^i + 0,23\sum a_{\text{СК}}^i) \rightarrow \min \quad (5)$$

В примере условие (5) выполняется для маршрута 1–17, следовательно, легким следует считать путь №17.

Заключение

В современных условиях широкого внедрения вычислительной техники в проектное производство встает вопрос о более высоких требованиях к инструктивным материалам.

При расчете высоты горки определение трудного пути предлагается осуществлять по формуле (4). Использование этой формулы позволит определять коэффициенты потерь от ударов колесных пар на стрелочных переводах и в кривых для всех путей на стадии проектирования горочной горловины независимо от характера вагонопотока.

Список литературы:

1. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм. М.: ТЕХИНФОРМ, 2003. 168 с.
2. Ситников С. А., Рыкова Л. А., Конев А. Ф. Применение компьютерных технологий при разработке проектов выправки профиля существующих сортировочных горок малой и средней мощности // Постулат. 2018. №9 (35). С. 45.
3. Карасев С. В. «СПУСК-2»: методические указания по работе с программным комплексом для расчета сортировочных горок. Новосибирск, 2007. 22 с.
4. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР: ВСН 207-89/МПС. М.: Транспорт, 1992. 104 с.
5. Инструкция по проектированию станций и узлов на железных дорогах Союза ССР: ВСН 56-78/ МПС. М.: Транспорт, 1978. 74 с.

References:

1. Pravila i normy proektirovaniya sortirovochnykh ustroystv na zheleznykh dorogakh kolei 1520 mm. (2003). Moscow, Tekhinform, 168. (in Russian).
2. Sitnikov, S. A., Rykova, L. A., & Konev, A. F. 2018. The use of computer technology in the development of projects alignment profile existing sorting slides small and medium power. *Postulat*, (9), 45. (in Russian).
3. Karasev, S. V. (2007). SPUSK-2: metodicheskie ukazaniya po rabote s programmnyim kompleksom dlya rascheta sortirovochnykh gorok. Novosibirsk, 22. (in Russian).

4. Pravila i normy proektirovaniya sortirovochnykh ustroystv na zheleznykh dorogakh Soyuzа SSR: VSN 207-89/MPS. (1992). Moscow, Transport, 104. (in Russian).

5. Instruktsiya po proektirovaniyu stantsii i uzlov na zheleznykh dorogakh Soyuzа SSR: VSN 56-78/ MPS. (1978). Moscow, Transport, 74. (in Russian).

*Работа поступила
в редакцию 18.04.2020 г.*

*Принята к публикации
21.04.2020 г.*

Ссылка для цитирования:

Ситников С. А., Рыкова Л. А., Конев А. Ф. Совершенствование методики проектирования сортировочных горок для формализации в программные продукты // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6. №5. С. 310-317. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/54/41>

Cite as (APA):

Sitnikov, S., Rykova, L., & Konev, A. (2020). Improvement of Technique for Designing Sorting Slides for Formalization in Software Products. *Bulletin of Science and Practice*, 6(5), 310-317. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/54/41>