

3 Пермский государственный архив социально-политической истории [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.permgaspi.ru/deyatelnost/november-readings/noyabrskie-istoriko-arhivnye-chteniya-v-permskom-partarhive-v-2019-godu/materialy-nauchnoj-konferentsiii-noyabrskie-istoriko-arhivnye-chteniya-2019-g/voenno-sanitarnye-poezda-i-letuchki-v-velikoj-otechestvennoj-vojne-1941-1945-gg-k-75-letiyu-velikoj-pobedy>. – Дата доступа : 10.10.2023.

4 Военное обозрение [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://topwar.ru/148735-sostavy-zhizni-sanitarnye-poezda-nkps.html>. – Дата доступа : 10.10.2023.

5 Комсомольская правда [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.kp.ru/best/vologda/voenno-sanitarnyi_poezd_%E2%84%96312. – Дата доступа : 10.10.2023.

6 Советские бронепоезда в Великой Отечественной войне [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://dzen.ru/a/YGM7-iszk2wW8MAp>. – Дата доступа : 10.10.2023.

7 Русские бронепоезда [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://topwar.ru/34152-russkie-bronepoezda>. – Дата доступа : 10.10.2023.

М. М. ALAYEV, Т. I. KASHIRTSEVA

MILITARY TRANSPORT TRAINS WITHIN GREAT PATRIOTIC WAR

The article considers stations and nodes, rolling stock of railway transport and their role in ensuring the country's defense capability during the Great Patriotic War.

Получено 24.10.2023

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023**

УДК 656.212.5

С. А. БЕССОНЕНКО, А. А. ГУНБИН, А. А. КЛИМОВ

*Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск
bessonenko@stu.ru, gunbin_gdsu@mail.ru, a-aklimov@yandex.ru*

АКТУАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ РАСЧЕТА КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРОК

Рассмотрены используемые в горочных расчетах параметры плотностей распределения основного удельного сопротивления движению вагонов. Установлены причины необходимости выполнения дополнительных исследований сил сопротивления движению на скатывающиеся с горки отцепы и определения числовых характеристик плотностей распределения на современном этапе развития железнодорожного транспорта. Произведен анализ существующей методики расчета конструктивных параметров сортировочных горок. Установлены элементы продольного профиля, конструктивные параметры которых зависят от ходовых свойств вагонов, выражаемых через основное удельное сопротивление движению. Приведены результаты исследований случайной величины основного удельного сопротивления движению для

современного вагонного парка. Выполнено сравнение значений основного удельного сопротивления движению, используемых при расчете сортировочных горок в настоящее время, со значениями, полученными для эксплуатируемого вагонного парка на современном этапе. Выполнен анализ влияния «новых» значений основного удельного сопротивления движению вагонов при скатывании на методику расчета продольного профиля и высоты сортировочных горок. Даны рекомендации по корректировке методики расчета конструктивных параметров сортировочных горок и путей сортировочных парков.

Принципиальные положения методики расчета сортировочных горок сформировались в середине XX века. В дальнейшем производилась корректировка отдельных элементов расчета с целью адаптации к изменяющимся условиям эксплуатации с учетом развития научно-технического прогресса. Используемая в настоящее время методика расчета сортировочных горок изложена в Правилах и нормах проектирования сортировочных устройств 2003 года [1]. На данный момент указанный источник не является действующим нормативным документом. Отдельные требования к проектированию сортировочных устройств изложены в Своде правил 2014 года [2], в котором не приведены методики выполнения расчетов отдельных конструктивных параметров сортировочных горок. Поэтому при проектировании новых и реконструкции существующих сортировочных устройств в настоящее время используются положения обоих указанных источников.

Результатом расчетов сортировочных горок являются итоговые конструктивные и технологические параметры, определяемые с учетом:

- структуры перерабатываемого вагонопотока;
- технического оснащения и принятого режима регулирования скорости скатывания отцепов;
- климатических характеристик местности расположения станции.

К конструктивным параметрам сортировочной горки относят высоту горки, а также конфигурацию продольного профиля (в том числе, количество элементов продольного профиля, значения уклонов и длин элементов), которая определяется для надвижной, перевальной, спускной частей горки и путей сортировочного парка.

Методика комплексного проектирования высоты и продольного профиля сортировочной горки предусматривает выполнение:

- конструктивных расчетов по определению диапазона допустимых значений высоты сортировочной горки и определению параметров продольного профиля, соответствующих расчетной высоте горки;
- технологических расчетов по определению скоростей надвига и роспуска, мощности тормозных позиций, пространственно-временных интервалов между отцепами на разделительных элементах и др.

В результате вариантных расчетов определяется итоговая конструкция продольного профиля и высоты сортировочной горки, обеспечивающая

наибольшую перерабатывающую способность при соблюдении имеющихся ограничений и установленных требований к скатыванию отцепов.

Конструктивные и технологические расчеты производятся на основании результатов скатывания отцепов с расчетными характеристиками по расчетным участкам сортировочной горки. Скорость движения отцепов на любом рассматриваемом участке горки зависит от суммарного запаса энергии движения в начале участка скатывания и суммарной работы сил сопротивления движению на данном участке, которая определяется с учетом действия на отцепы следующих сил сопротивления движению: основного, от среды и ветра, от снега и инея, от стрелочных переводов и кривых. Из указанных видов сопротивления ходовые характеристики вагонов учитываются в величине основного удельного сопротивления движению. Числовые характеристики данного вида сопротивления, используемые при выполнении горочных расчетов, приведены Правилах и нормах 2003 года [1]. Указанные характеристики были получены по результатам исследований, выполненных ЦНИИ МПС в 1970–1980-х годах [3] и в настоящее время использование данных значений может приводить к результатам, не соответствующим современным условиям эксплуатации.

Эксплуатируемый на сети железных дорог общего пользования РФ парк вагонов в настоящее время является одним из самых новых в мире, что стало одним из результатов проведенной реформы МПС. Современные модели вагонов разработаны с учетом применения новых технологий в вагоностроении и использования новых материалов. В результате ходовые характеристики вагонного парка в целом постоянно улучшаются, что приводит, в том числе, к сокращению основного удельного сопротивления движению вагонов при скатывании с сортировочной горки.

Для оценки изменения величины основного удельного сопротивления движению вагонов (w_0) специалистами СГУПС выполнены натурные наблюдения за скатыванием одиночных вагонов с сортировочной горки [4, 5], при выполнении которых на основании изменения скоростей движения вагона на прямом участке пути производилось определение силы основного сопротивления движению. Для увеличения объема выборки и снижения погрешности измерений также произведена обработка данных о скатывании одиночных вагонов с использованием разработанной специалистами Ростовского филиала АО «НИИАС» системы «Компьютерное зрение» на той же сортировочной горке [6, 7]. В результате получены новые числовые характеристики плотностей распределения основного удельного сопротивления движению вагонов для различных весовых категорий, подтверждающие существенное улучшение ходовых характеристик современного парка вагонов. Существующие и полученные по результатам исследований числовые характеристики величины w_0 , Н/кН, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры плотности распределения случайной величины w_0 (существующие данные / «новые» значения)

Весовая категория вагонов		Диапазон массы вагона, т	Среднее значение w_0 , Н/кН	Среднее квадратическое отклонение, Н/кН
Наименование	Обозначение			
Легкая	Л	До 28	1,75 / 0,83	0,67 / 0,56
Легко-средняя	ЛС	28–44	1,54 / 0,71	0,59 / 0,52
Средняя	С	44–60	1,39 / 0,71	0,50 / 0,45
Средне-тяжелая	СТ	60–72	1,25 / 0,66	0,38 / 0,44
Тяжелая	Т	Свыше 72	1,23 / 0,63	0,35 / 0,39

Для использования в расчетах «новых» данных по основному удельному сопротивлению движению необходимо выполнить аналогичные исследования на других сортировочных станциях сети железных дорог, в том числе расположенных в разных климатических зонах, с целью обобщения и уточнения полученных результатов, приведенных в таблице 1. Однако представленные «новые» результаты показывают существенное отличие от используемых значений в настоящее время, что подтверждает необходимость пересмотра отдельных положений существующей методики расчета сортировочных горок.

Например, расчетная высота сортировочных горок определяется по условию докатывания расчетного бегуна ОП («очень плохого») до расчетной точки, находящейся на трудном по условиям скатывания сортировочном пути на расстоянии 50 м от парковой тормозной позиции. Расчет высоты горок повышенной, большой и средней мощностей ведется по формуле:

$$H_p = 1,75(\bar{h}_{\text{осн}} + \bar{h}_{\text{ск}} + \bar{h}_{\text{св}}) + h_{\text{сн}} - h_0, \quad (1)$$

где 1,75 – отклонение расчетного значения суммы $(\bar{h}_{\text{осн}} + \bar{h}_{\text{ск}} + \bar{h}_{\text{св}})$ от ее среднего значения; $\bar{h}_{\text{осн}}$, $\bar{h}_{\text{ск}}$, $\bar{h}_{\text{св}}$ – средние значения потерь удельной энергии движения вагона при преодолении сил сопротивления основного, от стрелочных переводов и кривых, от воздушной среды и ветра, м эн. в.; $h_{\text{сн}}$ – потеря удельной энергии движения вагона при преодолении силы сопротивления от снега и инея, м эн. в.; h_0 – удельная энергия движения вагона, соответствующая начальной скорости движения, м эн. в.

В расчетах используется среднее значение основного удельного сопротивления, которое для легкой категории вагонов по существующим данным составляет 1,75, а по «новым» данным – 0,83 Н/кН. Очевидно, что использование «новых» значений величины w_0 приведет к значительному понижению высоты горки при расчете по формуле (1). Необходимо также отметить, что для «новых» данных значительно сократился диапазон допустимых значений, что ставит под сомнение корректность выполнения расчетов по средним значениям и использования принятой меры отклонения на уровне 1,75.

Кроме того, расчет по формуле (1) производится для неблагоприятных условий скатывания, которые согласно Правилам и нормам 2003 года определяются как усредненные значения за три наиболее «холодных» месяца. В предыдущей редакции Правил и норм 1992 года характеристики температуры наружного воздуха, направления и скорости ветра принимались для расчетного месяца с максимальным значением суммы удельных сопротивлений от среды и ветра, снега и инея. Указанное отличие в методике определения расчетных метеорологических характеристик привело к понижению высоты горки при выполнении расчетов по методике 2003 года [8]. В связи с этим определение расчетной высоты горки в современных условиях можно выполнять прямым расчетом по условию докатывания ОП бегуна до расчетной точки при скатывании по наиболее трудному пути в неблагоприятных условиях скатывания – соответствующих метеорологическим условиям расчетного месяца (по методике Правил и норм 1992 года) по формуле

$$H_p = h_{\text{осн}} + h_{\text{св}} + h_{\text{ск}} + h_{\text{сн}} - h_0, \quad (2)$$

где $h_{\text{осн}}$, $h_{\text{св}}$, $h_{\text{ск}}$, $h_{\text{сн}}$ – значения потерь удельной энергии движения вагона при преодолении сил основного сопротивления, от воздушной среды и ветра, от стрелочных переводов и кривых, от снега и инея, м эн. в.; h_0 – удельная энергия движения вагона, соответствующая начальной скорости движения, м эн. в.

В связи с изменением числовых характеристик плотностей распределения основного удельного сопротивления движению вагона требуется пересмотр характеристики расчетных бегунов, используемых при выполнении технологических расчетов. Пример интегральной функции распределения основного удельного сопротивления движению для легкой категории вагонов, Н/кН, построенной по «новым» статистическим данным величины w_0 , представлен на рисунке 1.

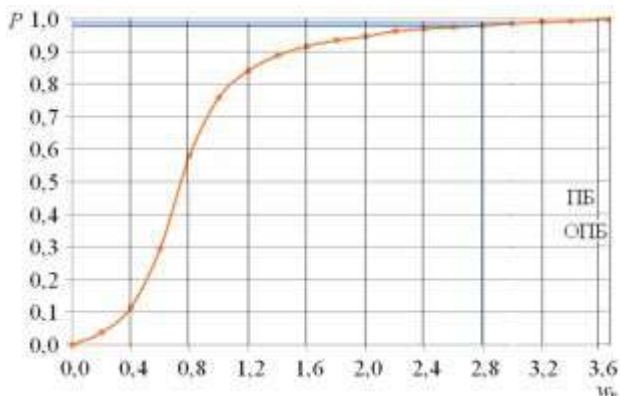


Рисунок 1 – Интегральная функция распределения основного удельного сопротивления движению для вагонов легкой весовой категории

Приведенные на рисунке 1 результаты показывают, что расчетные значения основного удельного сопротивления для «очень плохих» бегунов могут быть установлены в диапазоне 3,2–3,6 Н/кН. Существующее значение основного удельного сопротивления ОП бегуна составляет 4,5 Н/кН.

Результаты определения расчетной высоты сортировочной горки различными методами приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета высоты сортировочных горок различными методами

Параметр	Горка 1	Горка 2
Мощность горки	ГБМ	ГБМ
Число тормозных позиций, расположенных на спускной части	3	2
Число путей в сортировочном парке	36	32
Наличная высота сортировочной горки, $H_{\text{нал}}$, м эн. в.	4,62	4,01
Существующие значения величины w_0		
Расчетная высота горки, H_p , м эн. в., методика 1992 г.	6,71	5,82
методика 2003 г.	4,84	4,67
Новые значения величины w_0		
Расчетная высота горки, H_p , м эн. в., методика 1992 г.	5,93	5,06
методика 2003 г.	4,07	3,90
прямой расчет	4,93	4,22

Расчет выполнен для реальных сортировочных горок большой мощности с использованием методик Правил и норм проектирования 1992 и 2003 годов по формуле (1) (для существующих и «новых» числовых характеристик распределения величины w_0), а также по формуле (2) – прямым расчетом (для «новых» значений основного удельного сопротивления движению ОП бегуна).

Полученные результаты показывают, что использование формулы (1) для определения расчетной высоты сортировочной горки и применение «новых» характеристик основного удельного сопротивления движению вагонов приведет к значительному понижению высоты горок и необеспечению выполнения условия докатывания «очень плохих» бегунов до расчетной точки. В связи с этим минимальную высоту горок в современных условиях целесообразно определять прямым расчетом – по критерию докатывания расчетного ОП бегуна до расчетной точки при скатывании по наиболее трудному пути горочной горловины в неблагоприятных условиях, соответствующих расчетному месяцу – с максимальным значением суммы удельных сопротивлений от среды и ветра, снега и инея.

Кроме того, в настоящее время продольный профиль сортировочных путей проектируется двухэлементным: основная часть пути должна располагаться на спуске по направлению скатывания отцепов с уклоном 0,6 ‰, выходная часть пути проектируется на противоуклоне – 2,0 ‰. Значение уклона основной части сортировочного пути установлено с учетом создания

условий для продвижения отцепов вглубь парка, что следует из основного уравнения движения вагона по наклонной плоскости:

$$\frac{v_k^2}{2g} - \frac{v_n^2}{2g} = (i_{\text{сп}} - w_{\text{сум}})l \cdot 10^{-3}, \quad (3)$$

где $w_{\text{сум}}$ – суммарное удельное сопротивление движению вагона, Н/кН; g' – ускорение свободного падения (с учетом инерции вращающихся частей вагона), м/с^2 ; l – длина участка скатывания, м; $i_{\text{сп}}$ – уклон участка скатывания, ‰.

В правой части формулы (3) в скобках производится сопоставление численных показателей (а не физических значений) уклона пути и удельных сил сопротивления движению. Если значение уклона численно превышает значение сопротивления движению, то скатывание отцепа в парке будет ускоренным, что будет создавать условия для соударения вагонов со скоростями, превышающими допустимое значение. Согласно существующим данным минимальное значение основного удельного сопротивления движению установлено на уровне 0,5 Н/кН, что при нормативном значении уклона пути 0,6 ‰ будет создавать условия для ускоренного продвижения только отдельных одиночных вагонов. Для «новых» значений сопротивления около 30 % вагонов тяжелой весовой категории будет иметь значения сопротивления менее 0,6 Н/кН [6].

Следовательно, установленные нормативные значения уклона путей сортировочных парков в современных условиях эксплуатации способствуют продвижению вагонов вглубь сортировочного парка. Значит, указанная норма уклона, а также конфигурация продольного профиля сортировочного пути в целом должна определяться расчетом с использованием следующих показателей:

- 1) вероятности соударения отцепов с накапливаемой на сортировочном пути группой вагонов с повышенной скоростью;
- 2) вероятности остановки отцепа ранее точки прицеливания;
- 3) вероятности докатывания отцепа до стоящей в парке группы вагонов и соединения с допустимыми скоростями.

Расчет указанных показателей может производиться как для каждого отцепа, так и в целом для всего накапливаемого состава. По результатам моделирования также определяется среднее число осаживаний, приходящихся на один накапливаемый состав. При выполнении многократного моделирования процесса заполнения составов для различных конструктивных параметров можно подобрать наиболее рациональный вариант конфигурации продольного профиля.

Необходимо отметить, что такой подход применим для горок, где основным режимом регулирования скорости движения отцепов является интервально-прицельное регулирование. При использовании дополнительных технических средств на путях накопления составов (ускорителей, ускорителей-замедлителей, точечных вагонных замедлителей, вагоноосаживателей,

робототехники и др.) расчет конструктивных параметров сортировочных парков должен производиться для соответствующего технического оснащения и принятого режима регулирования скорости скатывания отцепов (принудительного перемещения, квазинепрерывного или комбинированных способов регулирования).

При прицельном торможении отцепов (применяемом в случаях, когда после парковой тормозной позиции отсутствуют дополнительные средства регулирования скорости движения вагонов) определение указанных вероятностей рекомендуется производить на основании имитационного моделирования процесса заполнения сортировочных путей [9, 10]. Результаты расчета вероятностей при исследовании процесса заполнения сортировочного пути с нормативным продольным профилем, выполненного для вагонов тяжелой весовой категории в благоприятных условиях скатывания, приведены на рисунке 2 (соответственно для существующих и «новых» значений основного удельного сопротивления движению вагонов).



Рисунок 2 – Распределение показателей процесса заполнения сортировочного пути с нормативным продольным профилем (условия благоприятные, тяжелая весовая категория вагонов): существующие (а) и «новые» (б) значения w_0

Приведенные на рисунке 2 результаты показывают, что в целом использование «новых» значений основного сопротивления движению привело к увеличению вероятности докатывания отцепов до стоящих в парке групп вагонов и соединения с допустимой скоростью с 0,565 до 0,790. При этом также отмечается увеличение вероятности соударения вагонов с повышенными скоростями с 0,073 до 0,086.

Таким образом, использование при выполнении конструктивных и технологических расчетов «новых» числовых характеристик основного удельного сопротивления движению вагонов приведет к необходимости коррек-

тировки высоты горки, параметров продольного профиля, мощности тормозных средств или расчетных скоростей роспуска. Необходимо отметить, что в реальных условиях эксплуатации корректировка скоростей скатывания отцепов производится системами горочной автоматики, что минимизирует вероятность возникновения нештатных ситуаций при роспуске. Однако конструктивные параметры сортировочных горок изначально должны быть рассчитаны в соответствии с потребными условиями эксплуатации с последующей настройкой систем горочной автоматики для наиболее рационального варианта продольного профиля. Это подтверждает актуальность рассмотренных задач и необходимость дальнейших исследований с целью актуализации правил и норм проектирования сортировочных устройств для современных условий эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм : утв. МПС РФ 10.10.03. – М. : Техинформ, 2003. – С. 168.

2 Свод правил СП 225.1326000.2014 «Станционные здания, сооружения и устройства» : утв. Минтранс РФ от 02.12.2014 г. № 331. – 2014. – 117 с.

3 *Сотников, Е. А.* Сопротивление движению грузовых вагонов при скатывании с горки / под ред. Е. А. Сотникова // Труды ВНИИЖТа. – М. : Транспорт, 1975. – Вып. 545. – С. 104.

4 *Бессоненко, С. А.* Исследование основного удельного сопротивления движению отцепов при скатывании с сортировочной горки на основе натуральных наблюдений / С. А. Бессоненко, А. А. Гунбин, А. А. Климов // Вестник Сибирского гос. ун-та путей сообщения. – 2022. – № 4. – С. 62–68.

5 *Климов, А. А.* Метод определения сопротивлений движению отцепов при скатывании с сортировочной горки на основе натуральных наблюдений и цифровых баз данных / А. А. Климов // Цифровые технологии транспорта: проблемы и перспективы : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 28 сентября 2022 г. – РУТ. – С. 300–305.

6 Распределения вероятностей удельного сопротивления движению отцепов на сортировочных горках / С. А. Бессоненко [и др.] // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 1(64). – С. 52–61.

7 Исследование параметров основного удельного сопротивления движению вагонов при скатывании с сортировочной горки / С. А. Бессоненко // Известия Транссиба. – 2023. – № 1(53). – С. 53–62.

8 *Климов, А. А.* Анализ соответствия методики расчета высоты сортировочной горки современным условиям эксплуатации / А. А. Климов // Вестник транспорта Поволжья. – 2023. – № 3 (99). – С. 59–64.

9 *Климов, А. А.* Принципы моделирования процесса заполнения путей сортировочного парка при расформировании составов / А. А. Климов // Политранспортные системы : Материалы XII Междунар. науч.-техн. конф. – Ч. 3. – Новосибирск : Сибирский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 126–131.

10 Программа для расчета показателей процесса заполнения путей сортировочного парка № 2023618062 / А. А. Климов, А. А. Гунбин: а. с. о государственной регистрации программы для ЭВМ. – Оpubл. 08.04.2023.

UPDATED METHODS FOR CALCULATING DESIGN PARAMETERS OF GRAVITY YARDS

The parameters of the distribution densities of the main resistivity of the movement of wagons used in hill calculations are considered. The reasons for the need to carry out additional studies of the forces of resistance to movement on the uncoupling rolling down the hill and to determine the numerical characteristics of distribution densities at the present stage of railway transport development are established. The analysis of the existing methodology for calculating the design parameters of gravity humps is carried out. The elements of the longitudinal profile are installed, the design parameters of which depend on the running properties of the wagons, expressed in terms of the basic specific resistance to movement. The results of studies of the random value of the basic specific resistance to movement for a modern carriage fleet are presented. The comparison of the values of the basic specific resistance to movement used in the calculation of gravity humps at the present time with the values obtained for the operated carriage fleet at the present stage is carried out. The analysis of the influence of the "new" values of the basic resistivity of rolling wagons on the calculation method of the longitudinal profile and height of the gravity humps is carried out. Recommendations are given on the adjustment of the calculation methodology for the design parameters of gravity humps and paths of sorting parks.

Получено 15.10.2023

ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023

УДК 656.2

С. П. ВАКУЛЕНКО, А. В. АСТАФЬЕВ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

П. В. КУРЕНКОВ, В. В. ЛАВРУСЬ, А. А. ЗАХАРОВ

Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

РОЛЬ ШЛИССЕЛЬБУРГСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ В СНЯТИИ БЛОКАДЫ ЛЕНИНГРАДА

Рассказывается о роли Шлиссельбургской железной дороги в обеспечении ресурсами блокадного Ленинграда. Представлен фактографический материал о героях железнодорожниках, готовых пожертвовать собой ради жизни ленинградцев и победы СССР.

Операция «Искра» по прорыву блокады Ленинграда завершилась 18 января 1943 года. Уже 19 января на Синявинских высотах советские войска начали концентрироваться на правом берегу Невы и южном побережье Ладожского озера. Стояла титаническая задача – в течение 20 дней построить