



О ПРОБЛЕМЕ РАСЧЁТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПУСКНОЙ ЧАСТИ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ

Тайирханов Х.З.¹

magistrant

Джаббаров Ш.Б.²

кандидат технических наук, доцент

Абдуллаев Б.А.³

кандидат технических наук, доцент,

Мансуров Ю.Н.⁴

доктор технических наук, профессор

Рахимов Р.В.⁵

доктор технических наук, доцент

¹Омский государственный

университет путей сообщения

²⁻³⁻⁴⁻⁵Ташкентский государственный

транспортный университет,

<https://doi.org/10.5281/zenodo.6692659>

ARTICLE INFO

Received: 28th May 2022

Accepted: 02nd June 2022

Online: 05th June 2022

KEY WORDS

железная дорога,
станция,
сортировочная горка,
вагон, профильная
высота участка,
идеальные и
неидеальные связи

ABSTRACT

В публикации присутствует необходимость корректировки рассматриваемой формулы, так как ее вид противоречит основным принципам теоретической механики. На примерах расчетов показано значительное несоответствие профильных высот головных участков, вычисленных по действующей и предлагаемой методикам, вызванное пренебрежением в существующей методике понятиями «идеальная и неидеальная связи».

Стимулом рассмотрения данного вопроса стал анализ существующей методики расчета, и проектирования высоты спускной части горки. Данная методика приводится в [1], а также используется многими учеными в их работах, связанных с расчетом и проектированием спускной части сортировочной горки [2, 3, 4, 5 и др]. Сортировочная горка состоит из трех участков: головного участка (первый профильный участок – от вершины горки до первой тормозной позиции); среднего участка (расположена первая

тормозная позиция), нижнего участка (между началом пучковой тормозной позиции и расчетной точкой).

Профильная высота головного участка горки h_1 должна определяться с учетом наиболее полного использования допускаемой скорости входа $V_{вх}$ расчетного очень хорошего бегуна (ОХБ) на замедлители 1ТП при благоприятных условиях скатывания [1] и равна



$$h_1^{\max} = \frac{v_{\text{вх}}^2 - v_0^2}{2g'_{\text{ох}}} + h_{\text{осн1}} + h_{\text{ск1}},$$

(2)

где $v_{\text{вх}}$ – максимально допустимая скорость входа вагона на вагонные замедлители (см. рис. 1), м/с; v_0 – наибольшая начальная скорость скатывания ОХБ, м/с; $g'_{\text{ох}}$ – ускорение свободного падения с учётом инерции вращающихся масс ОХБ (данное обстоятельство не может являться утверждением, поскольку после свободного падения отцепа по вертикали колёсные пары вовсе не совершают вращательного движения), м/с²; $h_{\text{осн1}}$ и $h_{\text{ск1}}$ – потери удельной энергии при преодолении основного удельного сопротивления движению и сопротивления стрелок и кривых в пределах головного участка, м.Э.В. (метр энергетической высоты).

Далее рассмотрим некоторые вопросы, вызывающие разногласия с данной методикой.

1. ОХБ не скатывается по уклону, а свободно падает по вертикали

В [2] уравнение движения вагона по уклону горки представлено в виде

$$ma = F - W,$$

(2)

где m – масса, кг; a – ускорение вагона, м/с²; F – движущая сила вагона, которая катится по уклону благодаря проекции силы тяжести Q к уклону: $F = Q \sin \alpha$ учётом того, что α – угол наклона пути к горизонту. Далее, учитывая, что для малых углов $\sin \alpha = \tan \alpha = i$, принято, что $F = Qi$; W – сопротивления, которые включают в себя основное сопротивление в пути на прямой W_0 ,

сопротивление воздушной среды W_c , от кривой W_k , от торможения W_t , от удара на стрелке W_y . Далее, каждый вид сопротивления рассматривается как доля от Q .

Далее, левая часть (2) представлена как производная некоторой функции в различных видах, где исключено время движения вагона t :

$$ma = \frac{Q}{g'} \frac{dv}{dt} = \frac{Q}{g'} \frac{dv}{ds} \frac{ds}{dt} = \frac{Q}{g'} \frac{v dv}{ds},$$

а правая –

$$F - W = Q \left[a - b \frac{(v \pm v_B)^2}{Q} \right],$$

где a и b – постоянные безразмерные величины:

$$a = i - w_0 - w_k - w_t - w_y; b = 0,067 F_n / Q$$

с учётом того, что F_n – площадь поперечного сечения вагона, м².

В [2] после того, как произвели математические преобразования и опустили промежуточные математические выкладки, получено уравнение движение вагона по уклону горки в дифференциалах

$$ds = \frac{1}{g'} \frac{v dv}{a - b(v \pm v_B)^2}.$$

(3)

Интегрируя (3), получена достаточно сложная на вид аналитическая зависимость пройденного расстояния s от скорости вагона v , т. е. $s = f(v)$.

Однако зависимость $s = f(v)$ в дальнейшем не может быть использована в практике расчётов геометрических параметров горки, поскольку здесь неизвестным является скорость вагона v по уклону горки в любой рассматриваемой точке, которая, в свою очередь, зависит от времени

движения вагона t , в связи с чем, скорость движения вагона по уклону горки определена по общеизвестной в элементарной физике формуле свободно падающего тела с высоты, м/с:

$$v = \sqrt{2g'h}, \quad (4)$$

где h и g' – высота падения, м, и ускорения свободного падения тел с учётом инерции вращающихся масс, м/с².

В [3] считают, что скорость v_1 приобретаемая вагоном в точке перехода с главного участка горки равна скорости, которую он приобрёл бы, падая по вертикали с высоты h_1 . Однако в (4) v никак не может выражать скорость вагона в любой рассматриваемой точке (направленной параллельно уклону), а соответствует скорости свободно падающего тела, направленной по вертикали вниз.

В итоге, в [2] получился так, что скорость скатывания вагона на скоростном участке горки v вообще не зависит от силы тяжести вагона (или отцеп), силы сопротивления движению, состояния среды и ветра и других факторов, а зависит лишь от принятых геометрических параметров этого уклона, $v = f(i, l_H)$, что противоречит динамике скатывания твёрдого тела по наклонной плоскости.

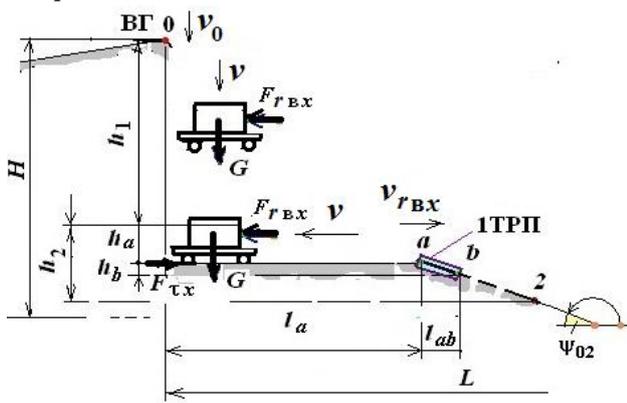


Рис. 1. Движение вагона по вертикали, как свободно падающего тела

2. *Существуют ли потери удельной энергии при использовании данной методики*

Потери удельной энергии при преодолении основного удельного сопротивления движению и сопротивления стрелок и кривых в пределах головного участка могут происходить только при наличии движения и взаимодействия с данными элементами. При рассмотрении первого вопроса, вызывающего разногласия, сделан вывод, что вагон не скатывается, а свободно падает. При свободном падении взаимодействие вагона с элементами головного участка отсутствует, что и дает возможным сделать вывод об отсутствии потерь удельной энергии.

3. *На тело действует одно и тоже ускорение свободного падения: как при падении по вертикали, так и при движении по наклонной плоскости*

Линейное ускорение вагона при движении с горки в зависимости от исследуемого участка может быть равноускоренным или равнозамедленным. На основании данного факта в [6] доказана ошибочность того, что «на тело действует одно и тоже ускорение свободного падения: как при падении по вертикали, так и при движении по наклонной плоскости» [7] т. е. $g = a$. В [6] замечено, что ускорение свободного падения тела по вертикали g – величина постоянная ($g = \text{const.}$), а линейное ускорение тела по наклонной плоскости a – величина неизвестная, подлежащая отысканию на каждом из участков



спускной части сортировочной горки, т. е. $g \neq a$.

Согласно [6], движение вагона по спускной части горки может быть равноускоренным [8-13] или равнозамедленным (например, на участках тормозных позиций [11], на участках стрелочной зоны и первого участка сортировочного пути при воздействии встречного ветра [12, 13]), т. е. $a > 0$ или $a < 0$. Причём, при $a < 0$ возникает абсурдное соотношение $g = -a$.

Результаты анализа известных работ по динамике скатывания вагона по уклону

сортировочной горки дали возможность отметить, что согласно существующему методу вагон свободно падает, а не скатывается по наклонной плоскости, на тело действует одно и то же ускорение свободного падения: как при падении по вертикали, так и при движении по наклонной плоскости. При этом не обращено внимание на то, что ускорение свободного падения тела по вертикали g и линейное ускорение тела по наклонной плоскости a – это различные по смыслу физические понятия.

References:

1. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1 520 мм. М.: ТЕХИНФОРМ, 2003. – 168 с.
2. Образцов В.Н. Станции и узлы. ч. II / В.Н. Образцов. – М.: Трансжелдориздат, 1938. 492 с.
3. Федотов, Н.И. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных горок: пособие / Н.И.Федотов, А.М. Карпов. – Новосибирск: НИИЖТ, 1960. – 123 с.
4. Земблинов С.В. Станции и узлы / С.В. Земблинов, И.И. Страковский. – М.: Трансжелдориздат, 1963. – 348 с.
5. Савченко, И.Е. Железнодорожные станции и узлы: учеб. для вузов ж. – д. трансп. / И.Е. Савченко, С.В. Земблинов, И.И. Страковский. – М: Транспорт, 1967. – 466 с.
6. Туранов Х.Т. О попытке доказательства корректности существующего метода исследования движение вагона по спускной части сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Бюллетень транспортной информации. 2016. № 10 (256). С. 27-32. ISSN 2072-8115.
7. Рудановский В.М. / В.М. Рудановский, И.П. Старшов, В.А. Кобзев // Бюллетень транспортной информации. 2016. № 6 (252). С. 19-28. ISSN 2072-8115.
8. Туранов, Х.Т. Пример расчёта времени и скорости вагона при его движении по всей длине участка первой тормозной позиции сортировочной горки при воздействии встречного ветра малой величины / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Известия Петербургского университета путей сообщения Императора Александра I. 2015, № 4 (45). С. 64 - 71.
9. Туранов, Х.Т. Упрощённая математическая модель движения вагона на промежуточном участке сортировочной горки при воздействии встречного ветра малой величины / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Транспорт: наука, техника, управление. 2016, № 1. С. 13 - 18. ISSN 0236-1914.



10. Туранов Х.Т. Пример расчёта времени движения и скорости вагона на промежуточном участке сортировочной горки при воздействии встречного ветра / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Транспорт: наука, техника, управление. 2016, № 3. □ С. 23 - 28. ISSN 0236-1914.
11. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки (часть iv) Туранов Х.Т., Гордиенко А.А., Джаббаров Ш.Б. Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2019. № 1. С. 16-20.814
12. О скольжении колёсных пар вагона на тормозных позициях сортировочных горок Туранов Х.Т., Гордиенко А.А., Джаббаров Ш.Б., Саидивалиев Ш.У. Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2019. № 5. С. 16-21.715
13. О вычислении профильной высоты головного участка сортировочной горки Туранов Х.Т., Гордиенко А.А., Саидивалиев Ш.У., Джаббаров Ш.Б. Бюллетень транспортной информации. 2019. № 12 (294). С. 15-20.016