

УДК (UDC) 656.21.001.2

AN EXAMPLE OF CALCULATING THE SPEED OF THE RAILWAY CARRIAGE ON THE ACCELERATING SLOPE OF THE HUMP

Джаббаров Ш.Б.¹
Djabbarov Sh.B.¹

¹ – Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта
(Ташкент, Узбекистан)

¹ – Tashkent Institute of Railway Engineers (Tashkent, Uzbekistan)

Abstract: The paper content is based on classic provisions of mechanics (D'Alembert principle) for non-ideal communication. The authors provide with the analytical proof of that the linear acceleration of the car when it is uniformly accelerated along the descending part of the hump depends on the force that affects the car to roll down the slope of the hump, on the force of resistance of all kinds, on the adjusted weight of the car with load taking into account the moment of flywheel action. At the same time, the results of calculations prove that the rotating parts weight practically does not affect the acceleration value of the car rolling down the slope of hump speed sections. The acceleration formulas and the resulting forces acting on the car are presented in generally accepted designations and in usual understanding according to the existing method for calculation of humps, as well as justified by the calculated data.

Key words: railway, station, hump, car, car acceleration, adjusted weight, flywheel action.

ПРИМЕР РАСЧЕТА СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВАГОНА НА УСКОРЯЮЩЕМ УКЛОНЕ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ

Аннотация: Содержание статьи опирается на классические положения механики (принцип Д'Аламбера) для неидеальной связи. Приведено аналитическое доказательство того, что линейное ускорение вагона при его равноускоренном движении по спускной части сортировочной горки зависит от силы, под воздействием которой вагон скатывается по уклону горки, силы сопротивлений всякого рода, от приведенной массы вагона с грузом с учетом момента инерции вращающихся частей.

При этом результатами расчетов доказано, что масса вращающихся частей практически не оказывает влияния на величину ускорения движения вагона по уклону скоростных участков сортировочной горки.

Формулы ускорения и результирующие силы, воздействующие на вагон, представлены в общепринятых обозначениях и в привычном понимании согласно существующей методике расчета сортировочных горок, а также обоснованы расчетными данными.

Ключевые слова: железная дорога, станция, сортировочная горка, вагон, ускорение движения вагона, приведенная масса, инерция вращающихся частей.

Введение. Настоящая статья, как и работы [1 – 13], посвящена рассуждению о корректности и/или некорректности развёрнутого универсального вида формулы (2) в [4], как части существующих теоретических положений горочных конструктивных и технологических расчётов проектируемых участков сортировочной горки [14 – 21].

Заметим, что в [4] в целях реального учёта эксплуатационных условий работы сортировочных горок рекомендовано использовать параметры удельных сопротивлений движению w , которые отражают обобщённые характеристики современного вагонного парка и

сортировочных путей. С учётом этого фактора приведена формула (2) в [4], якобы имеющая развернутый универсальный вид:

$$v_k^2 = v_n^2 + 2g'(i - w)10^{-3} \cdot l - 2g'h_T, \quad (1)$$

где v_k – скорость вагона в конце расчетного участка горки;

v_n – скорость вагона в начале расчетного участка горки и/или максимально допустимая скорость входа вагона на вагонные замедлители [22];

g' – ускорение свободного падения тела с учетом массы вращающихся частей, м/с²;

i – уклон профиля пути в промилле (т.е. ‰);

w – удельное сопротивление движению, которое отражает параметры обобщенных характеристик современного вагонного парка и сортировочных путей;

l – длина расчётного участка горки;

h_T – мощность тормозных характеристик (согласно табл. 2 в [23] мощность тормозных средств $M_{тс}$) от горба горки до парковой тормозной позиции, зависящая от типа и количества замедлителей.

Однако, формула (1) содержит ряд неточностей и грубых ошибок в её составляющих, основные из которых в виде контрпримеров отмечены в [3, 9].

Попытаемся раскрыть эти недостатки, которые относятся и к формуле (1).

К сожалению, формула (1) математически записана безответственно и неоспоримо ошибочно, хотя авторы статьи [4] останавливались на принципиально важных вопросах контраргументов статьи [3] (см. первый абзац первой колонки на стр. 36 в [4]).

Так, например, в ней, как отмечено в [5], содержатся два совершенно несопоставимых математических выражения, описывающих движение вагона на различных участках горки, где уменьшаемые справедливы для неидеальных связей, а вычитаемое, как формула для определения скорости скатывания тела по идеальной плоскости (связи) (см. формулу (3) в [7]).

Такой подход, как отмечено в [9], противоречит элементарным принципам решения инженерных задач теоретической механики:

во-первых, либо для простоты надо решать задачу для идеальной связи, не представляющей научной ценности и практической полезности;

во-вторых, либо для неидеальной связи, имеющей научный и практический интерес.

Иначе, ошибочность математической записи формулы (1) состоит в том, что ей нельзя придать универсальный вид, как бы «механически» и/или «поверхностно» объединяя уменьшаемые и вычитаемое [5].

Вместе с тем, оговоримся [9], что уменьшаемая формулы (1) вместе с первым слагаемым необходима для определения скорости движения вагона на скоростных участках профиля горки, а вычитаемая в ней – для участков тормозных позиций (ТП).

Однако, особо подчеркнем, что на практике проектирования сортировочной горки и/или в литературных источниках [14 – 21] формула (3), вопреки рекомендациям авторов статьи [4] (см. первый и второй абзацы последней колонки на стр. 36 в [4]), на практике не применяется.

На наш взгляд, причина отсутствия применимости формулы (3) состоит в том, что скорость выхода вагона из парковой тормозной позиции (ПТП или ЗТП) $v_{ктз}$, согласно табл. 2 в [23], также является «жёстко» фиксированной величиной, равной 1,38 м/с (5 км/ч), чтобы не допустить явление соударения вагона «о группу стоящих вагонов» на сортировочном парке.

Обратим внимание на то, что инженерами-проектировщиками вовсе не применяется не только формула (3) и/или формула (30) в [15], но и формула (2), поскольку их просто нет в официальных нормативно-технических документах [18, 23], кроме как математически неудачно представленном, как бы, в универсальном виде формулы (2) в [4].

О выводе формулы (1) или (2) в [4]. Заметим, что вывод формулы (1) на основе теоремы об изменении кинетической энергии для несвободной материальной точки в конечной форме общеизвестен (см. формулу (30) на стр. 142 в [15]).

Однако, в уменьшаемом формулы (1) единица измерения уклона профиля пути i в ‰, приравнен к единице измерения удельного сопротивления движению w внесистемной единицы измерения в кгс/т (т.е. ‰ = кгс/т) (см. стр. 141 в [15], стр. 9 в [16]), что является недопустимым в теоретической и инженерной механике [24, 25].

Пример выполнения горочных расчётов. Для определения применимости (1) на всей протяженности профиля пути с различными уклонами ниже приводим результаты исследований по определению кинематических параметров вагона на различных участках горки. Так, например, определим скорости движения вагона на первом скоростном участке (СК1) по формуле (1).

Для примера рассмотрим первый скоростной участок (СК1) сортировочной горки. При этом будем учитывать силу попутного ветра малой величины $F_{вх} \approx 3,2$ кН. Исходные данные таковы: $G = 650$ сила тяжести груза на вагоне, кН; $\sin\psi_1 = 0,05$ и $\cos\psi_1 = 0,999$ – уклон профиля пути, рад., или $i_1 = 50$ ‰; $v_{вх1} = v_{н1} = 1,7$ – скорость входа вагона на первый скоростной участок горки (СК1) и/или скорость надвига вагона, м/с (см. табл.4.6 в [18]); $g' = 9,635$ – ускорение свободного падения тела с учетом массы вращающихся частей, вычисленное с относительной ошибкой расчёта $\delta g \approx 0,184$ % при $g = 9,81$ м/с², $n = 4$ шт., $Q = G_0 = 92,56$ тс и/или $G = 908$ кН (согласно табл. 4.2 в [18] – это очень хороший бегун (ОХ)), $\gamma = 0,00185$ (см. стр. 183 в [14]), м/с²; $l_{ск1} = l_1 = 39,95$ – длина первого скоростного участка, м; $F_{о1} = k_{о1}G \approx 0,001G = 0,908$ – сила основного сопротивления движению вагона на СК1 участка горки (где $k_{о1} = 0,001$ – коэффициент, учитывающий сопротивление от силы трения качения со скольжением колёсной пары при учёте попутного ветра, в то время как, $k_{о1} = \omega_{о1} = 0,5$ – основное удельное сопротивление движению очень хорошего бегуна (ОХ), кгс/тс (см. табл. 4.2 в [18]), кН; $F_{св1} = k_{св1}G = 0,0005G = 0,454$ – сила сопротивления от воздушной среды и ветра (где $k_{св1} = 0,0005$ – сопротивление от среды).

Иначе, здесь общее удельное сопротивление движению вагона, как отвлеченное число, согласно формуле (16) в [13]:

$$|w_1| = |k_{о1} + k_{св1}| = - 0,0015.$$

Результаты расчёта [26], согласно последовательности расчета [13].

1) Согласно формуле (4) в [13] вычислим силу $F_{х1}$, способствующую скатыванию вагона на участке СК1, кН:

$$F_{х1} = G\sin\psi_1 + F_{вх}\cos\psi_1 = 908 \cdot 0,05 + 3,2 \cdot 0,999 = 48,569.$$

2) В общем случае сила сопротивления всякого рода на участке СК2 горки, рассчитанная по формуле (5) в [13], кН:

$$|F_{с1}| = F_{о1} + F_{св1} = (0,908 + 0,454) = 1,364.$$

Приведённая масса вагона с грузом $M_{пр}$ с учётом момента инерции вращающихся частей J_c , вычисленная по формуле (2) в [13]: $M_{пр} = 9,256 \cdot 10^4$ кг.

3) Результирующая сила, под воздействием которой происходит скатывание вагона по спускной части сортировочной горки ΔF_7 , вычисленная по формуле (3) в [13], кН:

$$|\Delta F_1| = F_{х1} + |F_{с1}| = 48,569 - 1,364 \approx 47,21.$$

4) Ускорение центра масс C_B вагона (здесь рисунок не приводится), вычисленное по формуле (1) в [13], м/с²:

$$a_1 = |\Delta F_1| \cdot 10^3 / M_{пр} = |47,21| \cdot 10^3 / (9,256 \cdot 10^4) = 0,51.$$

5) Рассчитаем ускорение при равноускоренном движении вагона на участке СК1 по формуле (1) в [13], подставив вместо $M_{пр}$ значение $M_{пр0}$, м/с²:

$$a_{10} = |\Delta F_1| \cdot 10^3 / M_{пр0} = |47,21| \cdot 10^3 / (8,869 \cdot 10^4) = 0,532.$$

Относительная ошибка составляет $\delta a_1 = 4,18 \approx 4,2$ %, что меньше, чем точность инженерных расчётов (≈ 5 %).

6) Приводим результаты расчёта по формулам элементарной физики (9) – (12) в [13], возможность применения которых аналитически доказаны в [27] (см. формулы (16), (19) – (20)).

7) Подсчитаем время движения вагона по формуле (12) в [13] при начальной скорости и/или скорости входа вагона на участке СК1 горки $v_{н1} = 1,7$ м/с и ускорение $a_1 = 0,51$ м/с² при равноускоренном движении, рассчитанная по формуле (1) в [13] с учетом проекции силы попутного ветра $F_{вх}$: $t_1 = 9,619$ с.

Вычислим скорость скатывания вагона по формуле (9) и/или, что одно и тоже по (11) в [13], при начальной скорости и/или скорости входа вагона на участок СК1 горки $v_{н1} = 1,7$ м/с, $a_1 = 0,51$ м/с² и $t_1 = 9,619$ с:

$$v_1 = 6,06 \text{ м/с и/или } v_7 \approx 27,9 \text{ км/ч.}$$

8) Выполним расчет скорости скатывания вагона до разделительной стрелки (С) первого скоростного участка горки (СК1) по формуле (2), м/с:

$$v_1 = \sqrt{v_{н1}^2 + 2g'(i_1 + |w_1|)10^{-3}l_1} = 6,343$$

Относительная ошибка расчёта, выполненная по формулам (2) и (9) в [13], равна $\delta v_1 \approx 4,0$ что мало.

Если за основное удельное сопротивления движению, согласно табл. 4.2 в [18], принять $\omega_{o1} = 0,5$ кгс/тс для очень хорошего бегуна (ОХ), то скорость скатывания вагона v_{1o} до разделительной стрелки (С) на участке СК1, м/с:

$$v_{1o} = \sqrt{v_{н1}^2 + 2g'(i_1 + |\omega_{1o}|)10^{-3}l_1} = 6,4$$

Заметим, что при расчёте v_{1o} значения ω_{o1} приняли без изменение, т. е. $\omega_{o1} = 0,5$ кгс/тс.

Относительная ошибка расчёта, выполненная по формулам (2) и (9) в [13], равна $\delta v_{1o} \approx 3,1$ %, что мало.

9) Выполним расчет скорости скатывания вагона до разделительной стрелки (С) на участке СК1 горки по формуле (2) с учетом проекции силы попутного ветра $F_{вх}$ с учетом пояснений в формуле (14) в [13], м/с:

$$v_{x1} = \sqrt{v_{н1}^2 + 2g'(i_{x1} + |w_1|)10^{-3}l_1} = 6,552$$

Относительная ошибка расчёта, выполненная по формулам (2) и (9) в [13], равна $\delta v_{1в} \approx 0,81$ %, что ничтожно мало.

Очевидно, что для расчёта скорости скатывания вагона до разделительной стрелки (С) на участке СК1 горки учет любого варианта удельного сопротивления движению дает удовлетворительные результаты, приемлемые для инженерных расчетов.

10) Варьируя значение начальной скорости движения вагона $v_{н1}$ в пределах от 1,7 до 2,0 м/с с шагом $\Delta v_{н1} = 0,05$ м/с при $w_1 \approx 1,5$ и $i_1 = 50$ ‰ убеждаемся, что значение скорости скатывания вагона на расчётном участке v_1 увеличивается с 1,7 по 6,429 м/с.

Графическое изменение $v_1 = f(v_{н1})$ представлено на рис. 1.

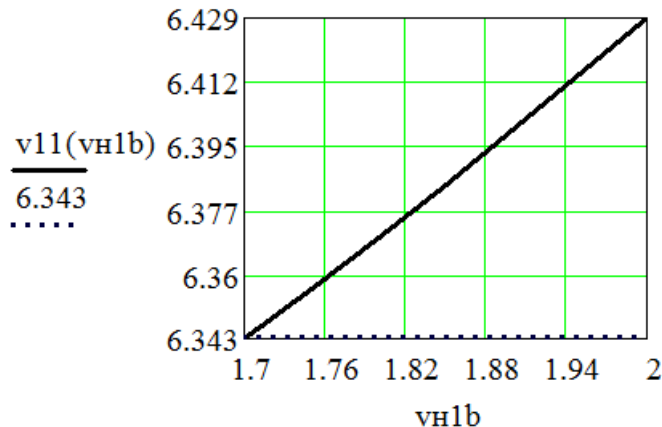


Рисунок 1. Графическое изменение $v_1 = f(v_{н1})$

11) Если варьировать значение удельного сопротивления движению вагона w_1 в пределах от 0,5 до 2,0 (отвлечённое число и/или безразмерная величина) с шагом $\Delta w_1 = 0,25$ при $v_{н1} = 1,7$ м/с и $i_{4с} = 50$ ‰, то значение скорости скатывания вагона на расчётном участке v_1 уменьшается с 6,403 по 6,312 м/с.

Графическое изменение $v_1 = f(w_1)$ представлено на рис. 2.

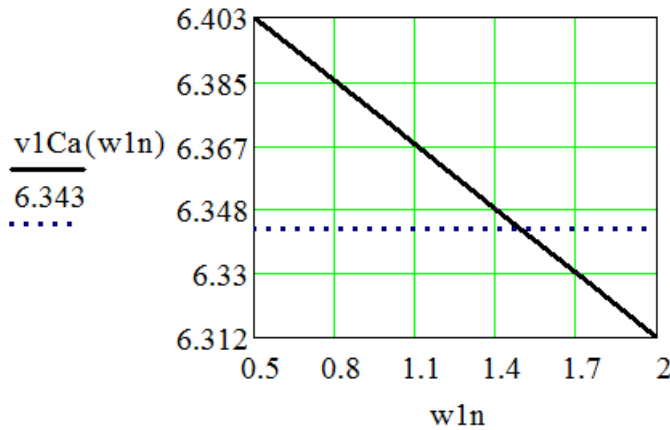


Рисунок 2. Графическое изменение $v_1 = f(w_1)$

12) Если же варьировать значение уклона пути i_1 в пределах от 35,0 до 50,0 ‰ с шагом $\Delta i_1 = 2,5$ ‰ при $v_{н1} = 1,7$ м/с и $w_1 = 1,499$ (безразмерная величина), то значение скорости скатывания вагона на расчётном участке v_1 увеличивается с 5,355 по 6,343 м/с.

Графическое изменение $v_1 = f(i_1)$ представлено на рис. 3.

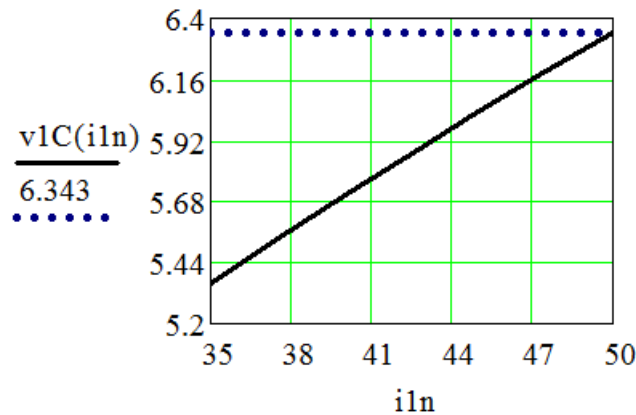


Рисунок 3. Графическое изменение $v_{4c} = f(i_{4c})$

Анализ результатов горочных расчётов. Анализируя результаты вычислений скорости скатывания вагона на первом скоростном (СК1) сортировочном пути горки, прийти к выводу о возможности применения при горочных расчётах формулы (1) для исследуемого участка горки. Однако следует иметь в виду, что для заданных исходных данных каждого i участка горки соотношения уклона пути i_i (например, i уменьшается от 50 до 0,6 ‰) и основного удельного сопротивления движению вагона w_i (например, на первом скоростном участке (СК1) и на промежуточном участке (ПР) до разделительной стрелки (С) горки: $|w_1| = |w_4| = 0,0015$; на участке стрелочной зоны (СЗ) после второй стрелки (С2): $|w_{6c2}| = 0,002246$; на участке первого сортировочного пути (СП1) горки: $|w_7| = 0,001817$; на участке второго сортировочного пути (СП2) горки: $|w_9| = 0,00175$) могут быть разными (см. применимость формулы (9) в [12] для определения скорости скатывания тела по неидеальной наклонной плоскости на примерах расчёта 1 и 2).

Исходя из этого, можно утверждать, что достоверность рассуждений авторов статьи [4] о том, что формула (2) в [4] может применяться для расчётов на любых участках с уклоном i сортировочных горок с учётом наличия конкретных величин сопротивления движению w (см. первый абзац последней колонки на стр. 36 в [4]) не подтверждена расчётными данными для остальных скоростных участков сортировочной горки.

Литература

1. Туранов Х.Т. Некоторые проблемы теоретических предпосылок динамики скатывания вагона по уклону сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Бюллетень транспортной информации, 2015, № 3 (237). С. 29 - 36. ISSN 2072-8115.
2. Рудановский В.М. О попытке критики теоретических положений динамики скатывания вагона по уклону сортировочной горки / В.М. Рудановский, И.П. Старшов, В.А. Кобзев // Бюллетень транспортной информации. 2016. № 6 (252). С. 19-28. ISSN 2072-8115.
3. Туранов Х.Т. О попытке доказательства нового подхода к исследованию движения вагона по спускной части сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Бюллетень транспортной информации, 2016, № 10 (256). С. 19 - 24. ISSN 2072-8115.
4. Позойский Ю.О. К вопросу движения вагона по уклону железнодорожного пути / Ю.О. Позойский, В.А. Кобзев, И.П. Старшов, В.М. Рудановский // Бюллетень транспортной информации. 2018. № 2 (272). С. 35-38. ISSN 2072-8115.
5. Туранов Х. Т. Математическое описание движения вагона на участках тормозных позиций сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Транспорт Урала. 2018. № 2 (57). С. 3-8. DOI: 10.20291/1815-9400-2018-2-3-8. ISSN 1815-9400.
6. Туранов Х.Т. Выбор рационального режима роспуска «очень плохого бегуна» с сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, О.В. Молчанова // Транспорт: наука, техника, управление. 2018, № 7. С. 9 - 13. ISSN 0236-1914.
7. Туранов Х.Т. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки (Часть I) / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Бюллетень транспортной информации, 2018, №9 (279). С. 23-28. ISSN 2072-8115.
8. Туранов Х.Т. К критическому анализу теоретических положений движения вагона с сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Ш.Б. Джаббаров // Транспорт: наука, техника, управление. 2018, № 11. С. 26 - 31. ISSN 0236-1914.
9. Туранов Х.Т. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки (часть II) / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Бюллетень транспортной информации. 2018. №12 (282). С. 12-18. ISSN 2072-8115.
10. Khabibulla Turanov, and Andrey Gordienko. Movement of a railway car rolling down a classification hump with a tailwind // MATEC Web of Conferences 216, 02027 (2018) Politransport Systems – 2018. 1-7 p.
11. Туранов Х.Т. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки (Часть IV) / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Ш.Б. Джаббаров // Транспорт: наука, техника, управление. 2019, № 1. С. 16 - 20. ISSN 0236-1914.
12. Туранов Х.Т. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки (Часть V) / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Ш.Б. Джаббаров // Бюллетень транспортной информации. 2019. №3 (285). С. 22-27. ISSN 2072-8115.
13. Туранов Х.Т. О движении вагона на скоростных участках сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Х.Х. Джалилов // Транспорт Урала. 2019. № 1 (60). С. 18-23. DOI: 10.20291/1815-9400-2019-1-18-23. ISSN 1815-9400.
14. Образцов В.Н. Станции и узлы. ч. II / В.Н. Образцов. – М.: Трансжелдориздат, 1938. 492 с.
15. Земблинов С.В. Станции и узлы / С.В. Земблинов, И.И. Страковский. – М.: Трансжелдориздат, 1963. 348 с.
16. Парфёнов В.П. Сортировочные горки большой мощности: Пособие к курсовому и дипломному проектированию / В.П. Парфёнов, М.М. Филипов, М.М. Уздин, В.П. Павлов. – Л.: ЛИИЖТ, 1972. 80 с.
17. Акулиничев В.М. Расчёт и проектирование сортировочных горок большой и средней мощности: учебн. пособ. для вузов ж. – д. трансп. / В.М. Акулиничев, Л.П. Колодий. – М.: МИИТ, 1981. 61с.
18. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1 520 мм. – М.: ТЕХИНФОРМ, 2003. – 168 с.
19. Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчёты): Учебное пособие для вузов ж. – д. трансп. / Н.В. Правдин, В.Г. Шубко, Е.В. Архангельский и др.; Под ред. Н.В. Правдина и В.Г. Шубко. – М.: Маршрут, 2005. 502 с.

20. Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, железнодорожные и транспортные узлы): учебник / Н.В. Правдин, С.П. Вакуленко, А.К. Голович и др.; под ред. Н.В. Правдина и С.П. Вакуленко. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. 1086 с.

21. Железнодорожные станции и узлы: учебник / В.И. Апатцев и др.; под ред. В.И. Апатцева и Ю.И. Ефименко. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. 855 с.

22. Кобзев В.А. Технические средства сортировочных горок, обеспечивающие безопасность движения. Часть 1. Учебное пособие / В.А. Кобзев. – М.: МИИТ, 2009. 92 с.

23. Инструкция по расчёту максимально допустимой длины отцепа при роспуске на сортировочных горках (Утверждён 24.12.2012). – М.: ОАО «РЖД», 2012. 10 с.

24. Тимошенко С.П. Инженерная механика / С.П. Тимошенко, Д. Юнг. – М.: Машгиз, 1960. 507 с.

25. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. Учебн. для тех. вузов / А.А. Яблонский, В.М. Никифорова. – СПб.: Изд-во «Лань», 1998. 768 с.

26. Макаров Е.Г. Mathcad: Учебный курс (+CD). СПб.: Питер, 2009. 384 с.

27. Туранов Х.Т. Движения вагона на сортировочной горке при попутном ветре / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Мир транспорта. 2015. Т. 13. № 6 (61), С. 36-48. ISSN 1992-3252.

References

1. Turanov H. T. Some problems of theoretical prerequisites for the dynamics of rolling down the car on the slope of the sorting hill / H.T. Turanov, A.A. Gordienko // Bulletin of transport information, 2015, № 3 (237). Pp. 29-36. ISSN 2072-8115.

2. Rudanovsky V. M. on the attempt to criticize the theoretical positions of the dynamics of rolling down the car on the slope of the sorting hill / V.M. Rudanovsky, I.P. Starshov, V.A. Kobzev // Bulletin of transport information. 2016. no. 6 (252). P. 19-28. ISSN 2072-8115.

3. Turanov H. T. About trying to prove a new approach to the study of the motion of the car at the drain side hump / Kh.T. Turanov, A.A. Gordienko // Bulletin of transport information, 2016, № 10 (256). P. 19 - 24. ISSN 2072-8115.

4. Bozoisky Y. O. To the question of the movement of the carriage on the incline railway tracks / Jo Posolski, V.A. Kobzev, I.P. Older, V.M.Rudanovsky // Bulletin of transport information. 2018. no. 2 (272). P. 35-38. ISSN 2072-8115.

5. Turanov H. T. a Mathematical description of the motion of the car on sites of break positions hump / Kh.T. Turanov, A.A. Gordienko // Transport of Ural. 2018. No. 2 (57). Pp. 3-8. DOI: 10.20291/1815-9400-2018-2-3-8. ISSN 1815-9400.

6. Turanov Kh. t., Gordienko A. A., Molchanova O. V. Choosing a rational mode of disbanding a "very bad runner" from the sorting hill // Transport: science, technology, management. 2018, no. 7. Pp. 9-13. ISSN 0236-1914.

7. Turanov H. T. a Critical analysis of the theoretical tenets of the movement of the carriage with the hump (Part I) / Kh.T. Turanov, A.A. Gordienko // Bulletin of transport information, 2018, No. 9 (279). Pp. 23-28. ISSN 2072-8115.

8. Turanov H. T. a critical analysis of the theoretical tenets of the movement of the carriage with the hump / Kh.T. Turanov, A.A. Gordienko, S.B. Djabbarov // Transport: science, technology, management. 2018, no. 11. Pp. 26-31. ISSN 0236-1914.

9. Turanov Kh. t. Critical analysis of the theoretical positions of the movement of the car from the sorting hill (part II) / Kh.T. Turanov, A.A. Gordienko // Bulletin of transport information. 2018. no. 12 (282). Pp. 12-18. ISSN 2072-8115.

10. Khabibulla Turanov and Andrey Gordienko. Movement of a railway car rolling down a classification hump with a tailwind // MATEC Web of Conferences 216, 02027 (2018) Politransport Systems – 2018. 1-7 p.

11. Turanov Kh. t. Critical analysis of the theoretical positions of the car movement from the sorting hill (Part IV) / Kh.T. Turanov, A.A. Gordienko, Sh.B. Djabbarov // Transport: science, technology, management. 2019 No. 1. P. 16 - 20. ISSN 0236-1914.

12. Turanov H. T. a Critical analysis of the theoretical tenets of the movement of the carriage with the hump (Part V) / Kh. T. Turanov, A. A. Gordienko, S. B. Djabbarov // Bulletin of transport information. 2019. No. 3 (285). Pp. 22-27. ISSN 2072-8115.
13. Turanov Kh. T. On the movement of the car on high-speed sections of the sorting hill / Kh.T. Turanov, A.A. Gordienko, Kh.Kh. Jalilov // Transport Of The Urals. 2019. No. 1 (60). Pp. 18-23. DOI: 10.20291/1815-9400-2019-1-18-23. ISSN 1815-9400.
14. Obrazov V.N. Stations and nodes. part II / V.N. Obraztsov-M.: Transzheldorizdat, 1938. 492 p.
15. Zemblinov S. V. Stations and nodes / S.V. Zemblinov, I.I. Strakovsky. - Moscow: Transzheldorizdat, 1963. 348 p.
16. Parfenov V. P. Sorting slides of high capacity: Manual for course and diploma design / V. P. Parfenov, M.M. Filipov, M.M. Uzdin, V.P. Pavlov. - L.: liizht, 1972. 80 p.
17. Akulinichev V.M. Calculation and design of sorting slides of large and medium capacity: textbook. no. for higher education institutions Zh. - d. transp. / V.M. Akulinichev, L.P. Kolodiy. - M.: MIIT, 1981. 61s.
18. Rules and norms for designing sorting devices on Railways of 1,520 mm gauge. - M.: TECHINFORM, 2003. - 168 p.
19. Railway stations and nodes (tasks, examples, calculations): Textbook for higher education institutions Zh. - d. transp. / N.V. Pravdin, V.G. Shubko, E.V. Archangelsky, etc.; edited by N.V. Pravdin and V. G. Shubko. - M.: Route, 2005. 502 p.
20. Design of railway transport infrastructure (stations, railway and transport hubs): textbook / N.V. Pravdin, S.P. Vakulenko, A.K. Golovich et al.; edited by N. V. Pravdin and S. P. Vakulenko. - Moscow: fgbou "Educational and methodological center for education in railway transport", 2012. 1086 p.
21. Railway stations and nodes: textbook / V. I. Apattsev et al.; edited by V. I. Apattsev and Yu. I. Efimenko. - Moscow: "Educational and methodological center for education in railway transport", 2014. 855 p.
22. Kobzev V. A. Technical means of sorting slides that ensure traffic safety. Part 1. Textbook / V. A. Kobzev. - M.: MIIT, 2009. 92 p.
23. Instructions for calculating the maximum allowable detach length when disbanding on sorting slides (Approved 24.12.2012). - M.: JSC "Russian Railways", 2012. 10 p.
24. Timoshenko S. P. Engineering mechanics / S. p. Timoshenko, D. Jung. - M: Mashgiz, 1960. 507 p.
25. Yablonsky A. A. Course of theoretical mechanics. Training. for those. universities / A. A. Yablonsky, V. M. Nikiforova. Saint PETERSBURG: LAN Publishing house, 1998, 768 p.
26. Makarov E. G. Mathcad: Training course (+CD). Saint Petersburg: Piter, 2009. 384 p.
27. Turanov Kh. t. Movement of the car on the sorting hill with a fair wind / Kh. T. Turanov, A. A. Gordienko / / World of transport. 2015. Vol. 13, No. 6 (61), Pp. 36-48. ISSN 1992-3252.

Сведения об авторах / Information about the authors

Джаббаров Шухрат Батирович – докторант PhD, Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта. E-mail: shuhratassistant@gmail.com

Djabbarov Shukhrat Batirovich - post graduate student, Tashkent Institute of Railways Engineering. E-mail: shuhratassistant@gmail.com