

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ РОСПУСКА НА КОНФИГУРАЦИЮ ОБЛАСТИ ДОПУСТИМЫХ РЕЖИМОВ ТОРМОЖЕНИЯ ОТЦЕПОВ

Болвановская Т. В.,

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Украина

STUDY OF THE INFLUENCE OF SPEED BREAK-UP OF THE CONFIGURATION OF THE REGION OF PERMISSIBLE MODE OF BRAKING CUT

Bolvanovska T. V.,

Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, Ukraine

Аннотация. В статье выполнено исследование конфигурации области допустимых скоростей выхода отцепов из тормозных позиций. Изучено влияние скорости роспуска на площадь области и условия разделения отцепов.

Annotation. The article made the study area configuration permissible speeds out to cut from the brake position. The influence of the rate of dissolution of the square area and separation conditions cut.

Ключевые слова: скорость роспуска, отцеп, сортировочная горка, область допустимых режимов

Key words: speed of break-up, cut, hump, the range of permissible modes

Сортировочные горки являются основным техническим средством для расформирования составов. В этой связи задачи совершенствования их работы являются актуальными для железнодорожного транспорта [1-3].

Скорость роспуска составов является одним из основных показателей, определяющих перерабатывающую способность сортировочных горок [4]. В процессе расформирования-формирования составов скорость роспуска оказывает комплексное влияние на условия прицельного и интервального регулирования скорости скатывания отцепов. При этом увеличение скорости роспуска составов приводит к сокращению горочного технологического интервала, однако вызывает увеличение числа неразделений отцепов, что, как следствие, приводит к увеличению объема работы по ликвидации «запусков».

Для оценки влияния скорости роспуска на показатели работы горки выполнено построение областей допустимых режимов торможения отцепов при разных скоростях роспуска составов. Область допустимых режимов торможения отцепов представляет собой фигуру, каждая точка которой соответствует режиму торможения, обеспечивающему выполнение требований прицельного и

интервального регулирования скорости скатывания отцепов. Использовать области допустимых режимов торможения для оценки режимов торможения предложено в [3]. В данной работе эта область строилась на координатной плоскости, по осям которой откладывались величины погашаемой энергетической высоты на первой и второй тормозных позициях. Учитывая то, что на реальных сортировочных горках управляемыми параметрами являются скорости выхода отцепов из тормозных позиций, то в дальнейших исследованиях [5] при построении области допустимых режимов торможения по координатным осям откладывались скорости выхода отцепов из тормозных позиций. На рис. 1 приведен общий вид области допустимых скоростей выхода отцепа тяжелой весовой категории.

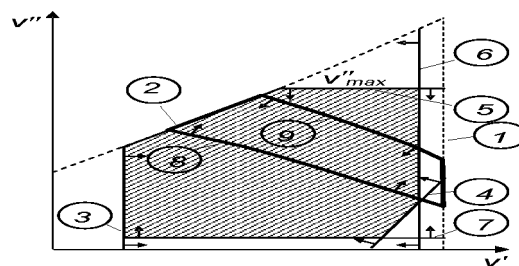


Рисунок 1 – Конфигурация области допустимых скоростей выхода отцепа тяжелой весовой категории из тормозных позиций спускной части горки

При этом план и продольный профиль сортировочной горки накладывают ограничения по максимальным скоростям, которые могут быть реализованы при выходе отцепа из первой тормозной позиции (ВТП) и второй тормозной позиции (СТП) соответственно ограничения 1 и 2. Указанные ограничения выделяют в первом квадранте область возможных скоростей выхода отцепов из тормозных позиций Ω . Технические характеристики замедлителей (номинальная мощность, допустимые скорости входа), а также положение точки прицеливания вносят дополнительные ограничения на скорости выхода отцепов из тормозных позиций. Такими ограничениями являются следующие: 3 – по мощности первой тормозной позиции; 4 – по мощности второй тормозной позиции; 5 – по мощности третьей (парковой) тормозной позиции; 6 – по вероятности превышения установленной скорости входа отцепа на замедлитель второй тормозной позиции; 7 – по вероятности остановки отцепа в замедлителях парковой тормозной позиции [6]. Ограничения 1-7 позволяют выделить область, в которой обеспечиваются допустимые скорости скатывания отцепа и требования прицельного регулирования скорости его скатывания Ω_n (заштрихованная область на рис. 1).

Качество интервального регулирования скорости скатывания отцепов может быть оценено с помощью риска неразделения отцепов на разделительных элементах [6]

$$r_n = \sum_{i=1}^{n-1} \Phi \left(\frac{t_{0i} - t_{pe} - M[\tau_i] + M[t_{i+1}]}{\sqrt{D[\tau_i] + D[t_{i+1}]}} \right) m_{i+1} \rightarrow \min$$

где $\Phi(x)$ – функция Лапласа;

t_{0i} – начальный интервал между отцепами на вершине горки;

t_{pe} – минимальный допустимый интервал на разделительном элементе;

$M[\tau_i], M[t_{i+1}]$ – соответственно, математические ожидания случайной величины времени скатывания отцепа от момента отрыва до моментов занятия и освобождения разделительных элементов;

$D[\tau_i], D[t_{i+1}]$ – соответственно, дисперсии случайной величины времени скатывания отцепа от момента отрыва до моментов занятия и освобождения разделительных элементов;

m_{i+1} – количество вагонов в $i+1$ отцеpe;

n – количество отцепов.

Требования интервального регулирования скорости скатывания отцепов накладывают ограничения 7 и 8, которые соответствуют максимально допустимому риску неразделения отцепа, соответственно с предшествующим и последующим на разделительных элементах. В целом ограничения 1, 2 и 7, 8 выделяют область скоростей выхода отцепов из тормозных позиций, в которой обеспечиваются требования интервального регулирования Ω_n .

Область допустимых режимов торможения Ω_d представляет собой пересечение областей Ω_n и Ω_n : $\Omega_d = \Omega_n \cup \Omega_n$. Исследование зависимостей показателей регулирования скорости скатывания отцепов от режимов торможения показывает, что оптимальные режимы торможения из области Ω_d , как правило, находятся на границах области Ω_n . При этом, если $\sigma_1 > \sigma_2$ (стрелка разделения в первой паре отцепов расположена далее по маршруту скатывания чем во второй) оптимальные режимы находятся на ограничениях 7, 4 и 6, а если $\sigma_1 < \sigma_2$ то (стрелка разделения в первой паре отцепов расположена ближе по маршруту скатывания чем во второй) оптимальные режимы находятся на ограничениях 3, 5 и 2.

Необходимо отметить, что в

предыдущих исследованиях построение областей допустимых режимов торможения выполнялось при постоянной скорости роспуска. Исследование влияния скорости роспуска на конфигурацию области допустимых режимов торможения отцепов позволит оценить направления совершенствования конструкции сортировочных горок для повышения их перерабатывающей способности.

На сортировочных горках происходит управляемое скатывание отцепов. При этом скорость роспуска должна быть такой, чтобы на разделительных элементах, расположенных до первой тормозной позиции, обеспечивалось гарантированное разделение отцепов с заданной вероятностью. Если разделительные элементы располагаются после тормозных позиций, то на условия разделения отцепов влияют как начальная скорость роспуска, так и выбранные режимы торможения.

Выполненные исследования показали, что скорость роспуска оказывает незначительное влияние на величину $M[t_{i+1}] - M[\tau_i]$, а также на дисперсии случайных величин времени скатывания отцепа от момента отрыва до моментов занятия и освобождения разделительных элементов на фоне влияния тормозных позиций.

Начальный интервал между отцепами на вершине горки определяется по формуле

$$t_{0i} = \frac{l_i - s_{0,i} + s_{0,i+1}}{v_p},$$

где l_i – длина i -го отцепа;

$s_{0,i}, s_{0,i+1}$ – соответственно координата отрыва i -го и следующего за ним отцепа.

Анализ данного выражения показывает, что скорость роспуска существенно влияет на величину начального интервала на вершине горки. В целом увеличение скорости роспуска приводит к сужению области $\Omega_{\text{н}}$. При этом, изменение величины риска неразделения отцепов связано прежде всего с изменением начального интервала

на вершине горки и может определяться по формуле

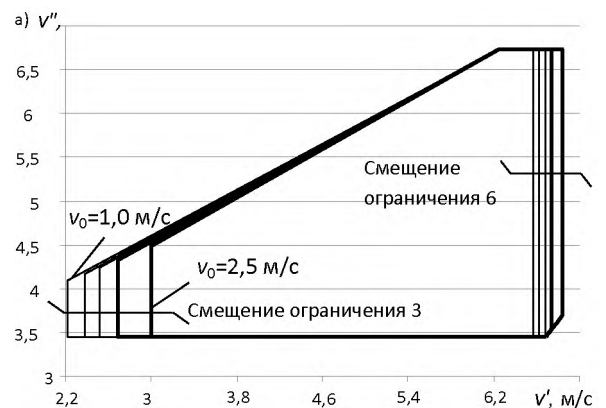
$$r_{\text{н}} = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{t_{0i}(v_0) - t_{\text{пе}} - M[\tau_i^*] + M[t_{i+1}^*]}{\sqrt{D[\tau_i^*] + D[t_{i+1}^*]}} \right)$$

где $t_{0i}(v_0)$ – величина начального интервала на вершине горки в зависимости от скорости роспуска;

$M[\tau_i^*], M[t_i^*]$ – соответственно, математические ожидания случайной величины времени скатывания отцепа от момента отрыва до моментов занятия и освобождения разделительных элементов при нормативной скорости роспуска и соответствующем ей оптимальном режиме торможения;

$D[\tau_i^*], D[t_i^*]$ – соответственно, дисперсии случайной величины времени скатывания отцепа от момента отрыва до моментов занятия и освобождения разделительных элементов при нормативной скорости роспуска и соответствующем ей оптимальном режиме торможения.

Для установления влияния начальной скорости роспуска на конфигурацию области $\Omega_{\text{н}}$ для отцепов разных весовых категорий было проведено ряд вычислительных экспериментов на ЭВМ, которые показали, что изменение скорости роспуска преимущественно влияет только на расположение ограничений 3 и 6 (см. рис. 2). Исследования проводились для $v_0 = 1,0; 1,4; 1,7; 2,0; 2,5$ м/с.



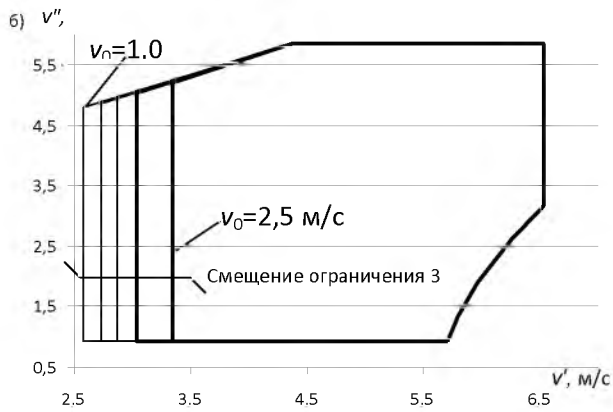


Рисунок 2 – Конфигурация ОДС при различных скоростях ролпуска для:

- а) одновагонного отцепа легкой весовой категории;
- б) одновагонного отцепа тяжелой весовой категории.

Как видно из рис. 2, для отцепа тяжелой весовой категории положение ограничения 6, которое соответствует максимальной скорости входа на СТП, не изменяется. Причиной таких изменений (положение ограничения 6 не меняется) является то, что отцеп набирает достаточно высокую скорость, и возникает необходимость его торможения на СТП. Для отцепов, состоящих из 3 и 4 вагонов легкой весовой категории, это происходит при скорости ролпуска 1,7 м/с и более (см. рис. 3).

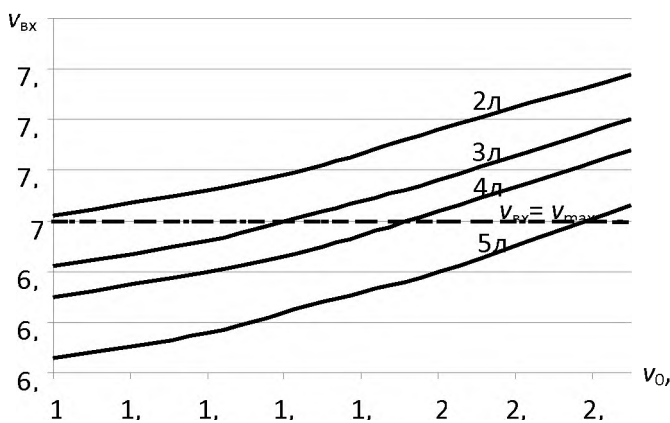


Рисунок 3 – Зависимость скорости входа отцепов на СТП от скорости ролпуска состава

Такая ситуация является справедливой для всех типов отцепов, кроме одновагонных отцепов легкой весовой категории. Повышение скорости ролпуска для этих отцепов позволяет

несколько увеличить скорость их входа на СТП и сместить ограничение 6 вправо без превышения допустимой величины.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что увеличение скорости ролпуска отцепов существенно влияет на размеры области Ω_{II} , уменьшая её площадь. В то же время уменьшение Ω_{II} за счет изменения положения ограничения 3 не существенно ухудшает условия разделения отцепов на расчетных стрелках, поскольку на ограничении 3 находится не более 20% оптимальных режимов торможения. Также изменение положения этого ограничения не существенно влияет на условия прицельного регулирования скорости скатывания, так как в его границах парковая тормозная позиция не работает в предельных режимах. В свою очередь, изменение положения ограничения 6 может значительно улучшить условия разделения отцепов с одновагонными отцепами легкой весовой категории, поскольку при $\sigma_1 > \sigma_2$ оптимальные режимы находятся именно на этом ограничении. Для получения более полного эффекта целесообразно оборудовать вторую тормозную позицию тормозными замедлителями, допускающими более высокие скорости входа в них отцепов, что позволит увеличить площадь области Ω_{II} .

Выполненные исследования позволяют сделать вывод о том, что начальная скорость ролпуска влияет, в основном, только на величину начального интервала между отцепами на вершине горки. Предложено выражение для оценки влияния скорости ролпуска на риск неразделения отцепов. Влияние начальной скорости ролпуска на условия прицельного регулирования скорости скатывания отцепов является незначительным. В целом выполненные исследования позволяют получать оценку влияния скорости ролпуска на сортировочный процесс с помощью аналитических

выражений, а не имитационного моделирования, что существенно упрощает процедуру анализа.

Литература:

1. Бессоненко, С. А. Математическая модель расчета параметров интервального торможения отцепов и переменных скоростей роспуска составов / С.А. Бессоненко, В.Н. Иванченко, А.М. Лященко // Вестник РГУПС. – 2013. – № 1. – С. 55–65.

2. Огар, О. М. Системний підхід до розрахунку раціональних технологічних параметрів діючих сортувальних гірок / О. М. Огар, К. А. Асеева, А. В. Солянкін // Восточно-европейский журнал передовых технологий, №6/4 (54), Харків, 2011, с 41-44

3. Бобровский В. И. Ограничения режимов торможения отцепов на сортировочных горках / В. И. Бобровский, Р. В. Вернигора, А. В. Кудряшов, Л. О. Ельникова // Вісник ДШТУ, Вип. 27 –

Д.: ДШТУ, 2009. – с. 30-35

4. Козаченко, Д. Н. Исследование влияния скорости роспуска составов на перерабатывающую способность сортировочных горок / Д. Н. Козаченко, И. Е. Левицкий, Т. В. Болвановская // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. – 2012. – №41. – С. 61-63. – Режим доступа: DOI:10.15802/stp2012/7667

5. Бобровский, В. И. Оптимизация режимов торможения отцепов на сортировочных горках: Монография / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Н. П. Божко и др. – Днепропетровск: Изд-во Маковецкий, 2010. – 260 с.

6. Козаченко, Д. Н. Исследование допустимых режимов торможения отцепов на сортировочных горках / Д. Н. Козаченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 4, №3(64). - С. 25-28. – Режим доступа: DOI:10.15587/1729-4061.2013.16275