

УДК 629.4.077-592.117

Ю.Я. Водяников, А.М. Сафронов, А.В. Гречко

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ТОРМОЖЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ С КОЛОДОЧНЫМ И ДИСКОВЫМ ТОРМОЗАМИ

Изложены результаты исследования процессов торможения пассажирского вагона с колодочной и дисковой тормозными системами. Показано, что основное отличие колодочного тормоза от дискового состоит в процессах реализации ускорения замедления вагона при торможении. Для колодочного тормоза характерным является возрастание ускорения замедления по времени торможения, при этом наибольший прирост ускорения проявляется при достижении скорости торможения (15-20) км/ч. Для дискового тормоза максимальные ускорения замедления достигаются через 8 с после начала торможения с последующим их снижением до момента остановки поезда.

В настоящее время пассажирские вагоны эксплуатируются как с колодочными, так и с дисковыми тормозами. Между колодочным и дисковым тормозом имеются значительные отличия.

Одним из основных отличительных признаков является схема передачи силы от тормозного цилиндра на исполнительные механизмы: для колодочного тормоза сила прижатия колодки к колесу реализуется через систему тяг и рычагов (рис. 1), для дискового – клещевым механизмом (рис.2).

В случае колодочного тормоза сила трения реализуется путем прижатия колодок к поверхности колеса, для дискового – нажатием накладок на диски, установленных на оси колесной пары. Очевидно, указанные отличия, а также различия в коэффициентах трения будут определять особенности процессов торможения пассажирских вагонов с различными тормозными системами, а значит оказывать влияние на распределение продольных сил в пассажирском поезде. Поэтому вопросы, связанные с изучением и анализом процессов торможения пассажирских вагонов, являются актуальными.

Дифференциальное уравнение движения вагона при неустановившемся торможении на площадке описывается уравнением [1]:

$$\frac{dv}{dt} = -\zeta \cdot \{ \delta(t) \cdot \phi_{mp}(V) + w_{ox}(v) \} \quad (1)$$

где ζ - удельное замедление;

$w_{ox}(v)$ - удельное основное сопротивление движению;

$\delta(t)$ - расчетный коэффициент силы нажатия тормозных колодок или действительный коэффициент силы нажатия накладок (тормозные коэффициенты), зависящий от времени торможения;

© Ю.Я. Водяников, А.М. Сафронов, А.В. Гречко, 2011

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

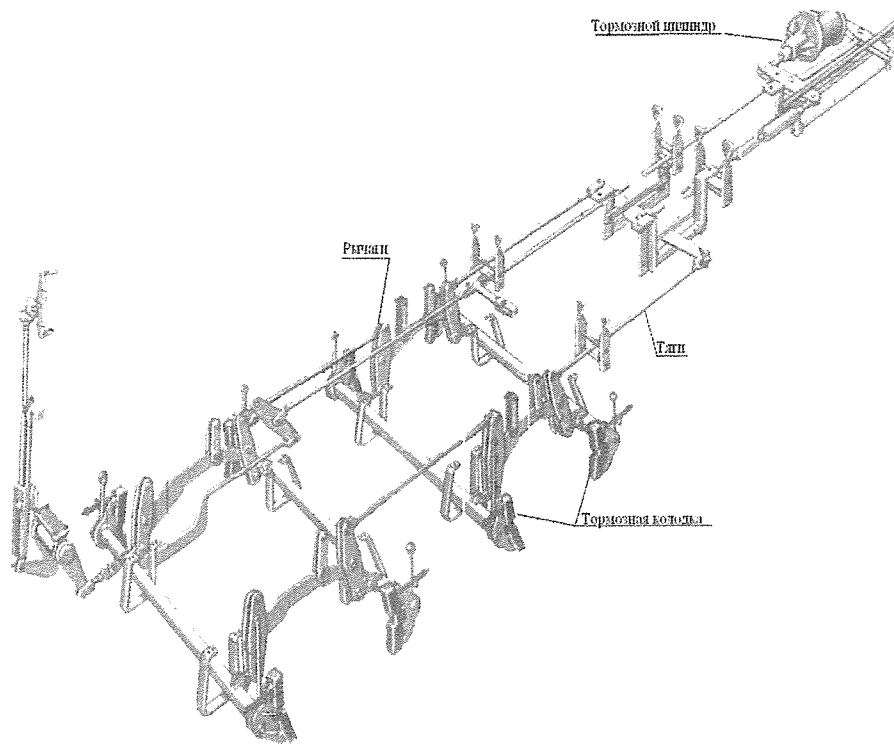


Рис.1. Тормозная рычажная передача пассажирского вагона с колодочным тормозом

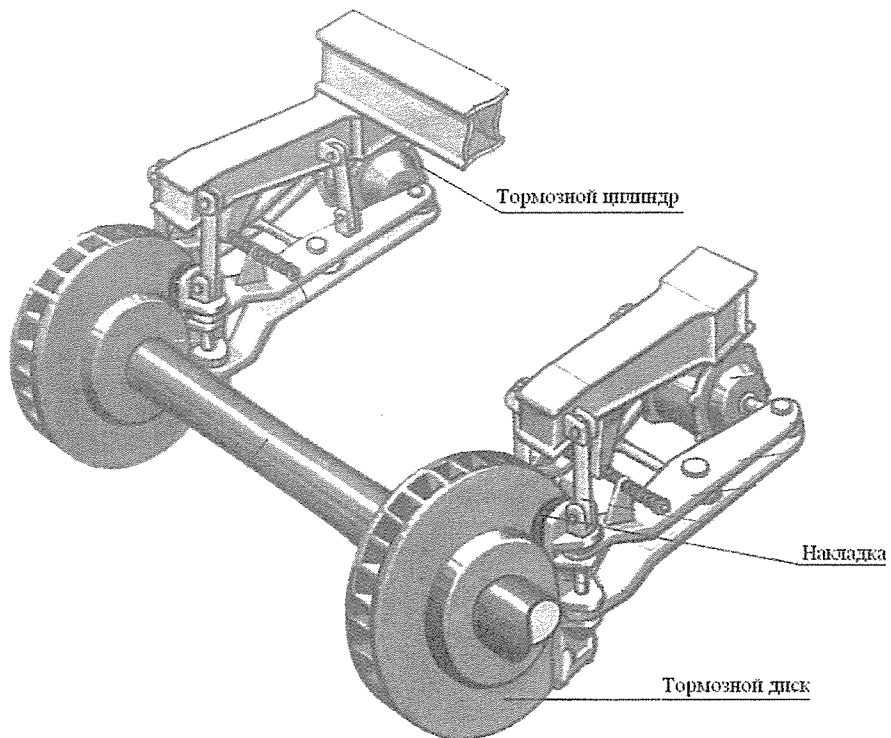


Рис.2. Дисковый тормоз

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$\varphi_{mp}(V)$ - коефіцієнти трення колодок или накладок (коефіцієнт трення накладок дискового тормоза не зависит от скорости и сохраняет постоянную величину за весь период торможения).

Величина силы нажатия колодок (накладок), а также тормозные коэффициенты зависят от давления сжатого воздуха в тормозном цилиндре и характера его изменения при торможении.

Анализ диаграмм показывает, что сила нажатия колодки (накладки) отстает во времени от начала наполнения тормозного цилиндра сжатым воздухом, что обусловлено преодолением силы сжатия отпускной пружины тормозного цилиндра.

Экспериментальными исследованиями было установлено, что время задержки силы нажатия от начала наполнения тормозного цилиндра для дискового тормоза составляет 0,6 с (рис.3), для колодочного с композиционными колодками – 0,9 с (рис. 4), для колодочного с чугунными колодками – 1,2 с (рис. 5).

Из представленных диаграмм вытекает, что процесс торможения характеризуется тремя периодами: первый период – отсутствием силы нажатия при наполнении тормозного цилиндра сжатым воздухом; второй – нарастанием силы нажатия до величины, соответствующей установившемуся давлению в тормозном цилиндре, третий – постоянной величиной силы нажатия.

С учетом указанных особенностей, дифференциальное уравнение движения (1) приобретает переменную структуру:

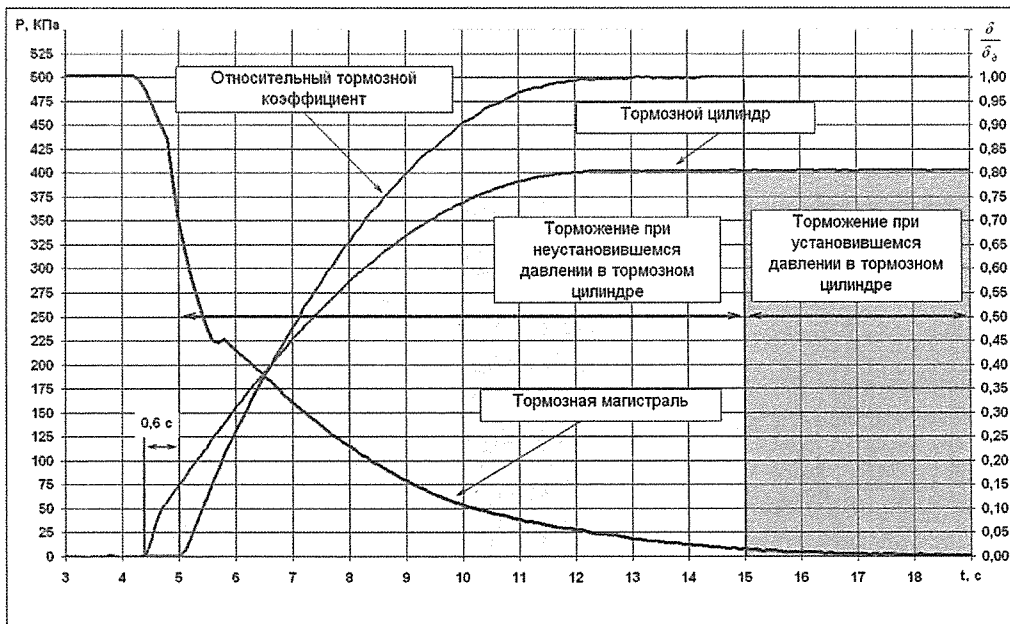


Рис.3. Диаграмма наполнения тормозного цилиндра пассажирского вагона с дисковым тормозом

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

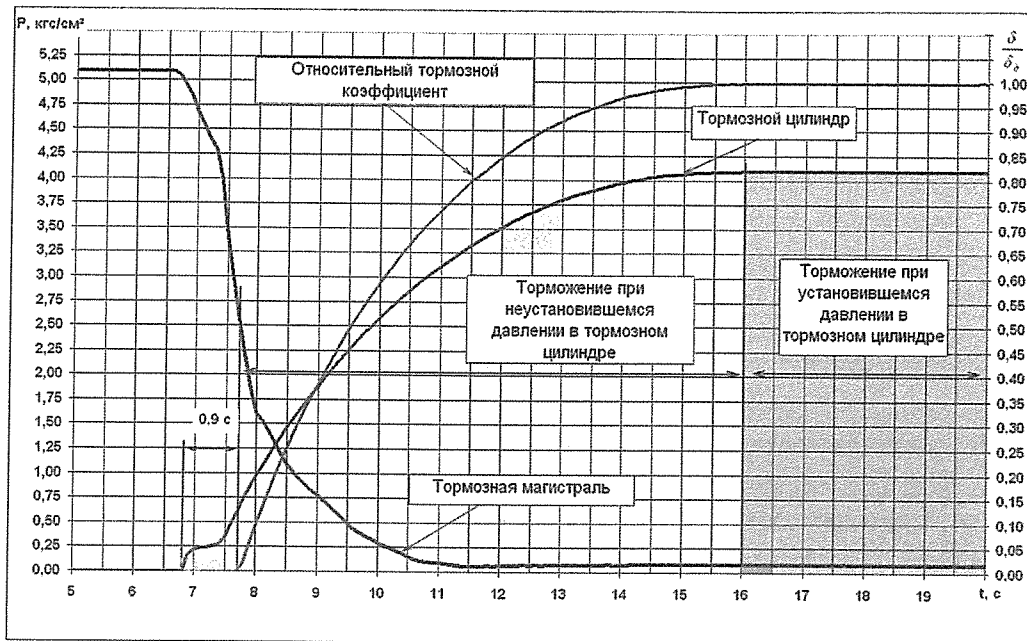


Рис. 4. Диаграмма наполнения тормозного цилиндра пассажирского вагона с колодочным тормозом при композиционных колодках

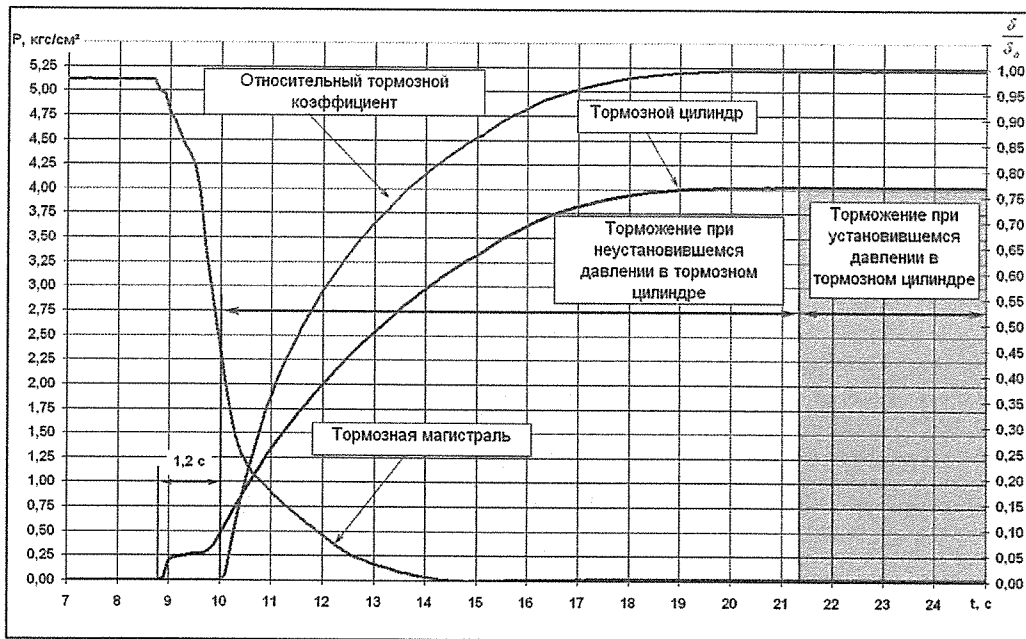


Рис. 5. Диаграмма наполнения тормозного цилиндра пассажирского вагона с колодочным тормозом при чугунных колодках

где t_1 , t_2 и t_3 - временные величины периодов;

$$\frac{dv}{dt} = -\zeta \cdot \begin{cases} \{w_{ox}(v)\} \text{ при } t < t_1 \\ \left\{ \delta_T \cdot \frac{\delta(P)}{\delta_T}(t) \cdot \phi_{mp}(V) + w_{ox}(v) \right\} \text{ при } t \leq (t_1 + t_2) \\ \{ \delta(t) \cdot \phi_{mp}(V) + w_{ox}(v) \} \text{ при } t > (t_1 + t_2) \end{cases} \quad (2)$$

δ_T - тормозный коэффициент при установившемся давлении в тормозном цилиндре;

$\delta(P)$ - тормозной коэффициент, зависящий от давления в тормозном цилиндре.

Для решения дифференциального уравнения (2) использовался метод Рунге-Кутты четвертого порядка [2]. Сравнительный анализ показал адекватность математической модели реальным процессам торможения пассажирского вагона (рис. 6-8).

Для анализа особенностей процессов торможения пассажирского вагона с различными тормозными системами были проведены расчетные исследования с использованием математической модели (2), которые состояли в определении величин тормозных путей, скоростей и ускорений замедления от времени торможения в диапазоне скоростей в начале экстренного торможения (20-160) км/ч.

Анализ результатов исследования показал существенные отличия процессов торможения пассажирских вагонов с колодочными и дисковыми тормозными системами, в первую очередь эти отличия проявляются в характере изменения величины ускорения замедления во времени (рис. 9).

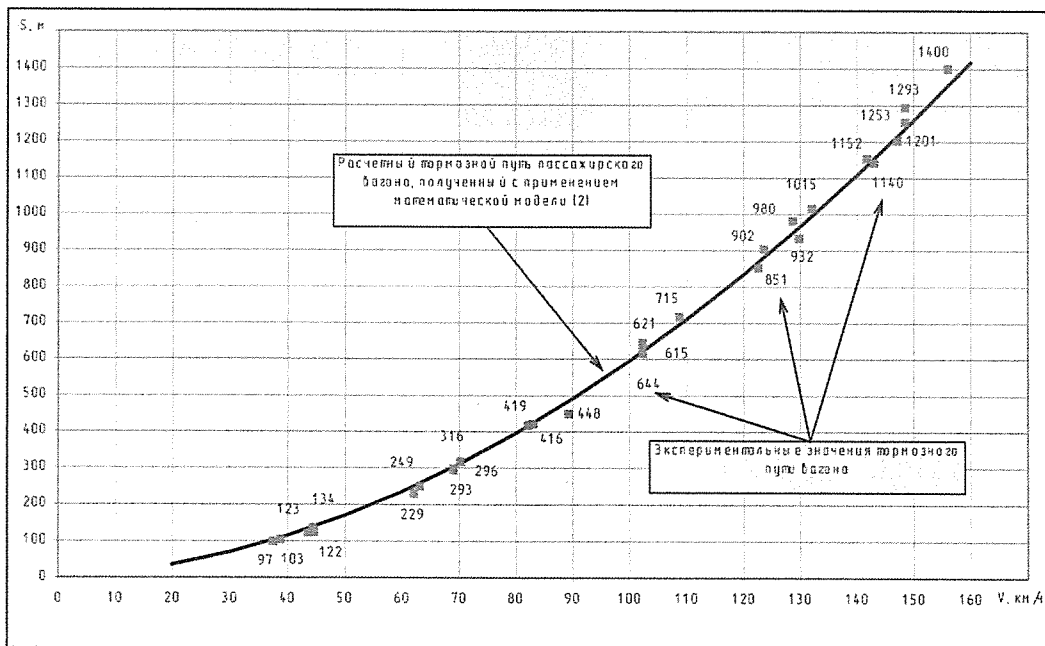


Рис. 6. Тормозные пути пассажирского вагона с дисковым тормозом на площадке при экстренном торможении

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

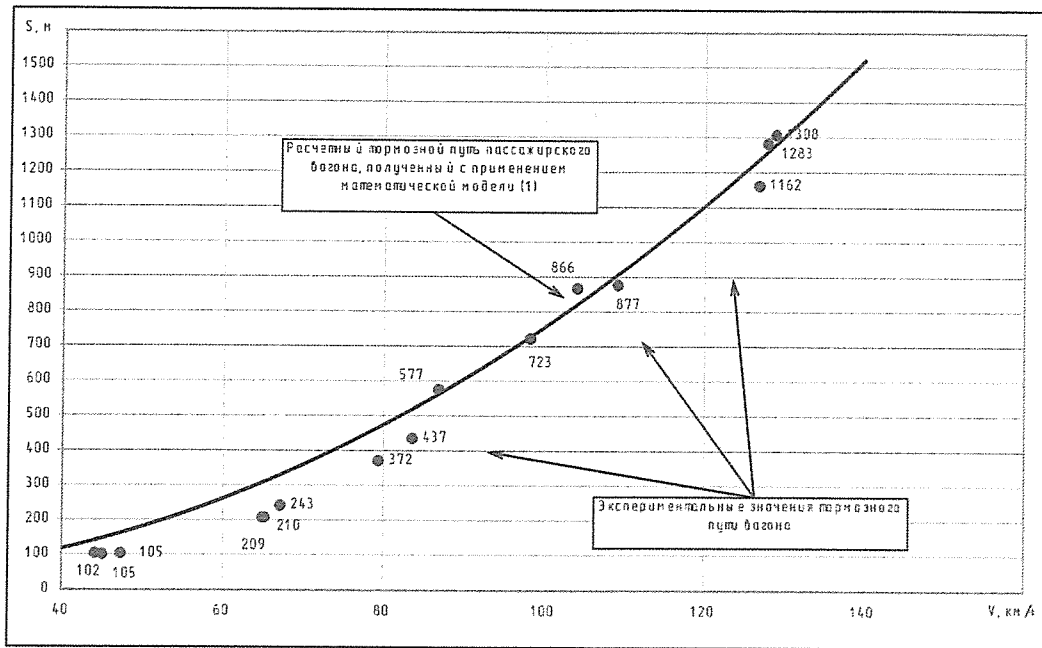


Рис. 7. Тормозные пути пассажирского вагона с чугунными колодками на площадке при экстренном торможении

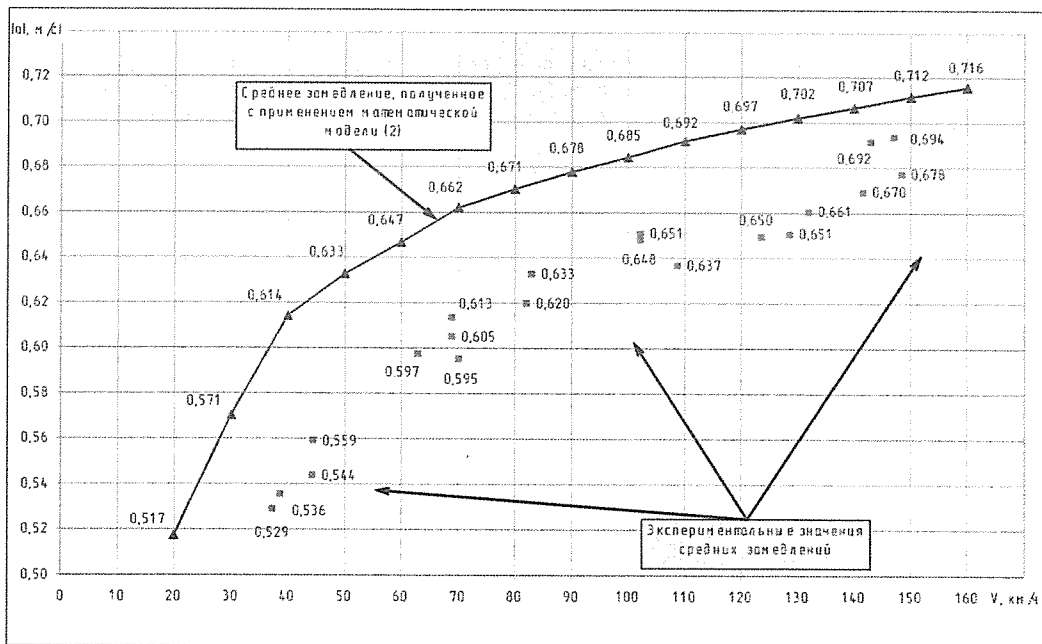


Рис. 8. Средние значения ускорений замедления пассажирского вагона с дисковым тормозом на площадке при экстренном торможении

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

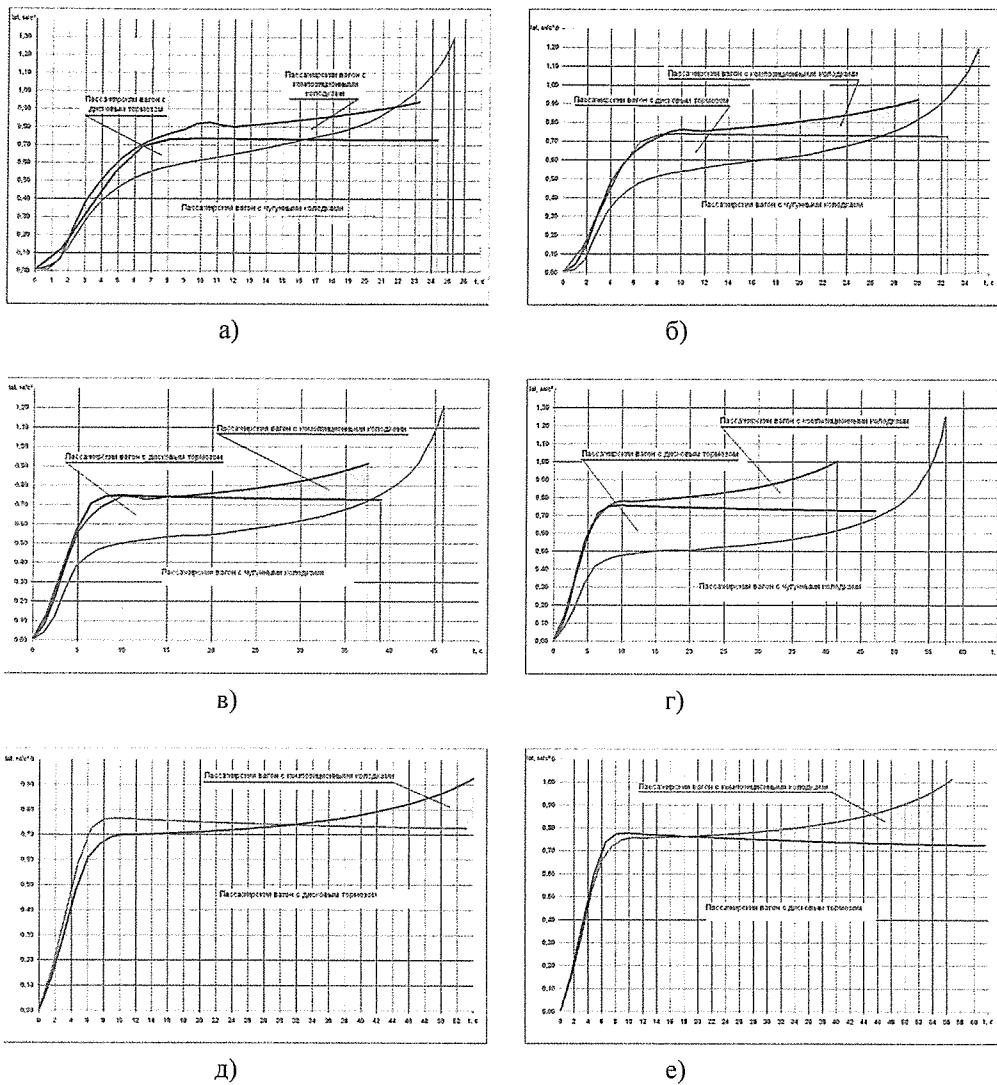


Рис. 9. Диаграммы ускорений

(а) – скорость в начале торможения 60 км/ч, б) – скорость в начале торможения 80 км/ч, в) – скорость в начале торможения 100 км/ч, г) – скорость в начале торможения 120 км/ч, д) – скорость в начале торможения 140 км/ч, е) – скорость в начале торможения 160 км/ч)

Ускорения замедления для колодочного тормоза имеют возрастающий характер и достигают максимального значения в момент остановки поезда, причем значительное возрастание ускорения наблюдается при достижении скорости торможения (15–20) км/ч. Для дискового тормоза ускорения замедления достигают максимального значения за период 8 с от начала торможения с последующим незначительным снижением.

Наибольшие максимальные величины ускорений замедления соответствуют пассажирскому вагону с чугунными колодками (рис. 10), причем эти ускорения превышают средние значения более чем в два раза (рис. 11).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

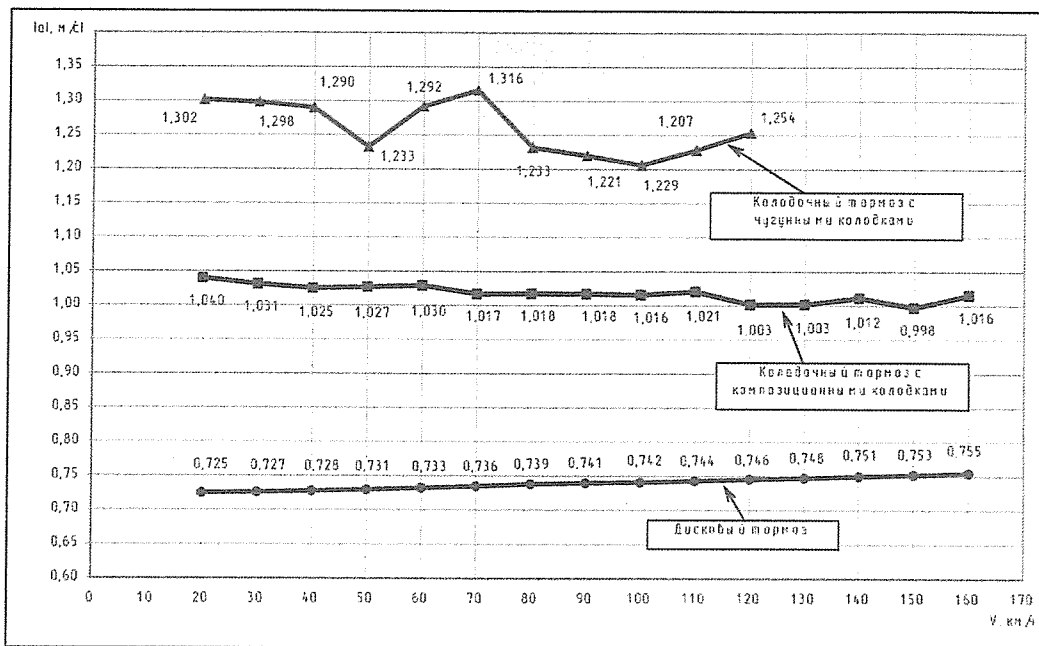


Рис. 10. Максимальные значения ускорений замедления

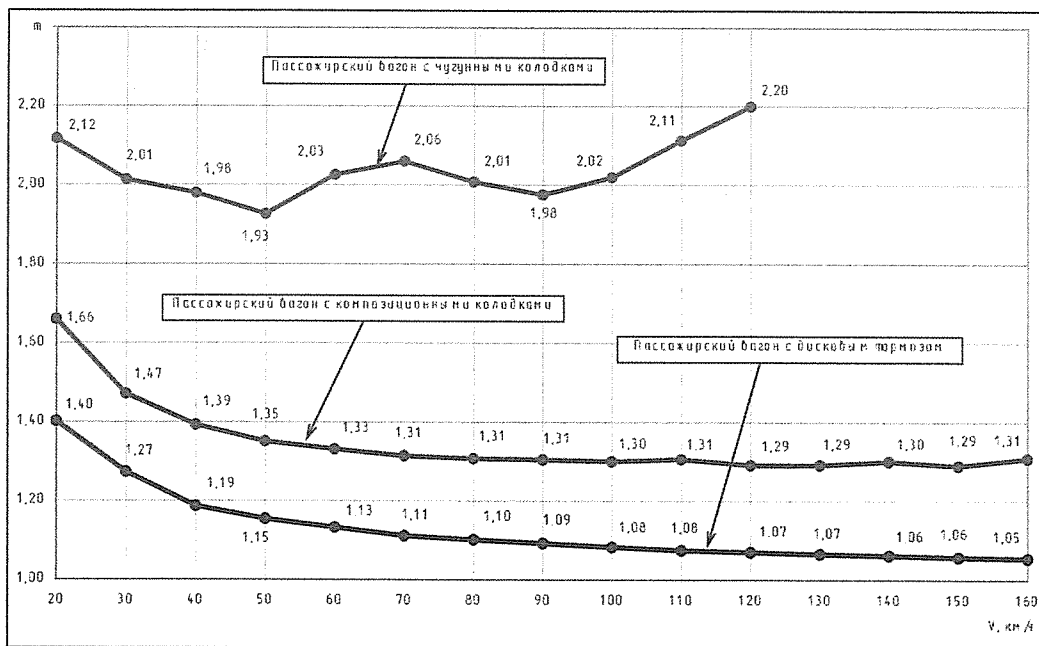


Рис. 11. Превышение максимальных ускорений над средними значениями

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Выводы

1 Предложенная математическая модель адекватно отображает тормозные процессы пассажирских вагонов с различными тормозными системами и может быть использована для проведения многовариантных расчетных исследований.

2 Основное отличие в процессах торможения пассажирских вагонов с колодочным и дисковым тормозами состоит в реализации ускорений замедления при торможении:

2.1 для колодочного тормоза ускорения замедления имеют возрастающий характер и достигают максимальных значений в период остановки поезда;

2.2 для дискового тормоза ускорения замедления достигают максимальных значений через 8 с после начала торможения, а затем снижаются;

2.3 значительный прирост ускорения замедления для колодочного тормоза происходит при достижении скорости торможения (15-20) км/ч.

3 Наибольшие максимальные значения ускорений замедления имеют пассажирские вагоны с чугунными колодками, причем превышение над средними значениями составляет более чем два раза, для вагонов с композиционными колодками - 1,3 раза, для вагонов с дисковым тормозом – 1,1 раза.

На основании выполненных исследований установлено, что наихудшие характеристики по влиянию на комфортность пассажиров имеют пассажирские вагоны с чугунными колодками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гребенюк П. Правила тормозных расчетов. М. «Интекст», 2004 – 112 с.