

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИЙ НА ОСЯХ ТРАКТОРНОГО
ПОЕЗДА ПРИ ТОРМОЖЕНИИ

Для осуществления оптимального распределения тормозных сил на осях тракторного поезда, состоящего из трактора класса 1,4 тс и двух двухосных прицепов, оборудованных тормозными механизмами на всех колесах, необходимо знать законы, по которым происходит распределение нагрузок по осям при торможении для каждого звена тракторного поезда с учетом силового взаимодействия этих звеньев между собой.

На рис. 1 представлена общая схема исследуемого трехзвенного тракторного поезда.

Общее уравнение движения тракторного поезда при торможении можно представить в виде суммы всех действующих на тракторный поезд сил на ось, параллельную поверхности дороги.

$$Mj = - \sum T_i, \quad (1)$$

где M - масса тракторного поезда; j - замедление тракторного поезда; T - тормозная сила.

Замедление тракторного поезда в соответствии с формулой (1) равно

$$j = - \frac{\varphi g(N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6)}{G_{\text{общ}}}, \quad (2)$$

где φ - коэффициент сцепления колес с дорогой; N - нормальная реакция на осях тракторного поезда; $G_{\text{общ}}$ - общий вес тракторного поезда.

Для определения нормальных реакций, действующих на оси

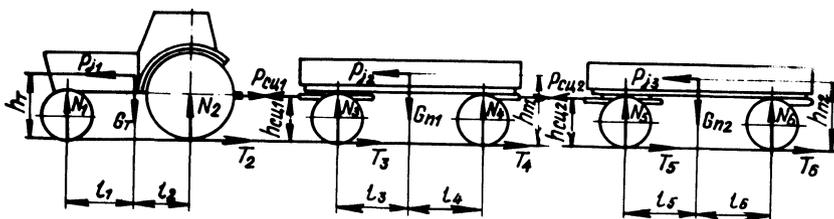


Рис. 1. Схема тракторного поезда.

трактора и прицепа при торможении, отбросим связи и заменим действие этих связей их реакциями. В дальнейшем рассмотрим систему, свободно находящуюся под действием активных сил и реакций связи.

Нормальные реакции на осях трактора и прицепов определяются из уравнения равновесия сил, действующих на тракторный поезд при торможении

- на передней оси трактора

$$N_1 = \frac{G_T (l_2 + \varphi h_T) - P_{сц1} (h_{сц1} - h_T)}{L_T + \varphi h_T} ; \quad (3)$$

- на задней оси трактора

$$N_2 = \frac{G_T l_1 + P_{сц1} (h_{сц1} - h_T)}{L_T + \varphi h_T} ; \quad (4)$$

- на передней оси первого прицепа

$$N_3 = \frac{G_{п1} (l_4 + \varphi h_{п1}) + (P_{сц1} - P_{сц2}) (h_{сц1} - h_{п1})}{L_{п1}} ; \quad (5)$$

- на задней оси первого прицепа

$$N_4 = \frac{G_{п1} (l_3 - \varphi h_{п1}) - (P_{сц1} - P_{сц2}) (h_{сц1} - h_{п1})}{L_{п1}} ; \quad (6)$$

- на передней оси второго прицепа

$$N_5 = \frac{G_{п2} (l_6 + \varphi h_{п2}) + P_{сц2} (h_{сц2} - h_{п2})}{L_{п2}} ; \quad (7)$$

- на задней оси второго прицепа

$$N_6 = \frac{G_{п2} (l_5 - \varphi h_{п2}) - P_{сц2} (h_{сц2} - h_{п2})}{L_{п2}} , \quad (8)$$

где G_T , $G_{п1}$ и $G_{п2}$ - вес трактора, первого и второго прицепов; $P_{сц1}$ и $P_{сц2}$ - усилие в сцепках между трактором и прицепами и между самими прицепами; h_T , $h_{п1}$ и $h_{п2}$ - высота центра тяжести трактора, первого и второго прицепов; $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6$ - координаты центра тяжести соответственно до передней и задней осей трактора, первого и второго прицепов; $L_T, L_{п1}$ и $L_{п2}$ - база трактора, первого и второго прицепов; $h_{сц1}$ и $h_{сц2}$ - высота сцепного устройства трактора и прицепа.

Для нахождения нормальных реакций, действующих на оси звеньев тракторного поезда, необходимо определить усилия в сцепках между трактором и прицепами и между самими прицепами.

Для этого преобразуем выражение (2) и получим

$$j = - \left(1 - \frac{N_1}{G_{\text{общ}}} \right) \varphi g. \quad (9)$$

Максимальное замедление тракторного поезда для случая, когда все оси тормозные и полностью используется сцепной вес, выразится следующей зависимостью:

$$j_{\text{max}} = - \varphi g. \quad (10)$$

При отсутствии тормозной силы на передней оси трактора замедление тракторного поезда изменится на величину

$$j_{\text{max}} - j = \Delta j. \quad (11)$$

Решив уравнения (9), (10) и (11) относительно Δj , получим

$$\Delta j = - \frac{N_1 \varphi g}{G_{\text{общ}}}. \quad (12)$$

Усилие в сцепке между трактором и прицепами в случае,

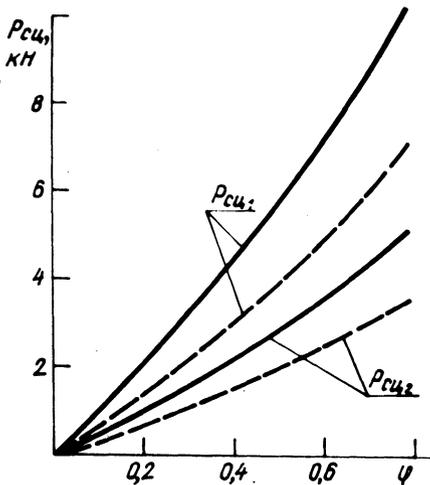


Рис. 2. Зависимость усилий в сцепных устройствах тракторного поезда от эффективности торможения:
 ———— — прицепы полностью загружены; - - - — прицепы порожние.

когда отсутствует тормозная сила на передней оси трактора, будет иметь следующую зависимость:

$$P_{сц1} = \frac{\Delta j(G_{п1} + G_{п2})}{g} \quad (13)$$

Подставляя значение (12) в выражение (13), получим

$$P_{сц1} = - \frac{N_1 \varphi (G_{п1} + G_{п2})}{G_{общ}} \quad (14)$$

Усилие в сцепке между прицепами в данном случае равно

$$P_{сц2} = \frac{N_1 \varphi G_{п2}}{G_{общ}} \quad (15)$$

Зависимость $P_{сц} = P_{сц}(\varphi)$, приведенная на рис. 2, показывает, что при полном использовании сцепного веса на тормозных осях тракторный поезд находится в растянутом состоянии. Усилия растяжения свидетельствуют о недостаточном использовании сцепного веса трактора, так как у него отсутствуют тормоза на передних колесах. Это способствует гашению возникших колебаний между трактором и прицепами, повышая тем самым устойчивость движения тракторного поезда при торможении.

Подставим выражения усилий в сцепках (14) и (15) в уравнения (3) - (8), получим значение нормальных реакций на осях тракторного поезда при торможении

- на передней оси трактора

$$N_1 = \frac{G_{\text{общ}} G_T (1_2 + \varphi h_T)}{G_{\text{общ}} (L_T + \varphi h_T) + \varphi (G_{\text{п1}} + G_{\text{п2}}) (h_{\text{сц1}} - h_T)}; \quad (16)$$

- на задней оси трактора

$$N_2 = \frac{G_{\text{общ}} G_T 1_1 + N_1 \varphi (G_{\text{п1}} + G_{\text{п2}}) (h_{\text{сц1}} - h_T)}{G_{\text{общ}} (L_T + \varphi h_T)}; \quad (17)$$

- на передней оси первого прицепа

$$N_3 = \frac{G_{\text{общ}} G_{\text{п1}} (1_4 + \varphi h_{\text{п1}}) + N_1 \varphi G_{\text{п1}} (h_{\text{сц1}} - h_{\text{п1}})}{G_{\text{общ}} L_{\text{п1}}}; \quad (18)$$

- на задней оси второго прицепа

$$N_4 = \frac{G_{\text{общ}} G_{\text{п1}} (1_3 - \varphi h_{\text{п1}}) - N_1 \varphi G_{\text{п1}} (h_{\text{сц1}} - h_{\text{п1}})}{G_{\text{общ}} L_{\text{п1}}}; \quad (19)$$

- на передней оси второго прицепа

$$N_5 = \frac{G_{\text{общ}} G_{\text{п2}} (1_6 + \varphi h_{\text{п2}}) + N_1 \varphi G_{\text{п2}} (h_{\text{сц2}} - h_{\text{п2}})}{G_{\text{общ}} L_{\text{п2}}}; \quad (20)$$

- на задней оси второго прицепа

$$N_6 = \frac{G_{\text{общ}} G_{\text{п2}} (1_5 - \varphi h_{\text{п2}}) - N_1 \varphi G_{\text{п2}} (h_{\text{сц2}} - h_{\text{п2}})}{G_{\text{общ}} L_{\text{п2}}}. \quad (21)$$

Так как конструктивные и весовые параметры прицепов идентичны и загрузка прицепов одинакова, то, анализируя вы-

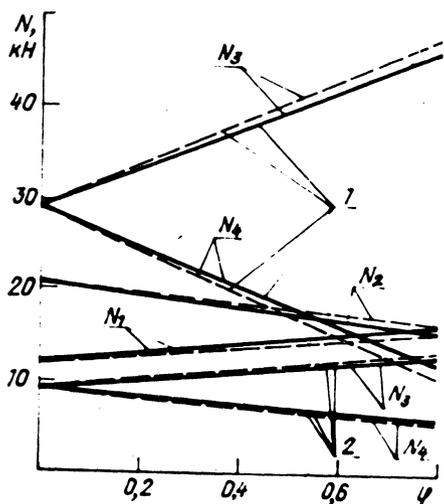


Рис. 3. Зависимость нормальных реакций на осях тракторного поезда от эффективности торможения: 1 — прицеп груженный; 2 — прицеп порожний; — — с учетом усилий в сцепных устройствах; - - - без учета усилий в сцепных устройствах.

ражения (18) — (21), можно записать, что реакции $N_3 = N_5$; $N_4 = N_6$.

На основании этого анализа можно сделать вывод, что нормальные реакции на осях прицепов при торможении не зависят от места прицепов в составе поезда. В связи с этим при определении нормальных реакций прицепов в составе поезда можно рассматривать любой из прицепов, входящий в состав этого поезда. В силу того что при торможении тракторного поезда наблюдается различное парциальное замедление трактора и прицепов при полном использовании сцепного веса, происходящего на тормозные оси поезда, вызванное недоиспользованием сцепного веса трактора, в сцепных устройствах возникают усилия растяжения, которые влияют на перераспределение нормальных реакций трактора и прицепов.

На рис. 3 приведены зависимости нормальных реакций на осях тракторного поезда от эффективности торможения для одиночных звеньев и тех же звеньев в составе поезда.

Анализируя эти зависимости, можно сделать вывод, что при одних и тех же приводных тормозных усилиях нормальные реакции, приходящиеся на оси тракторного поезда при торможении одиночных звеньев поезда, будут отличаться от соответствующих реакций при торможении тех же звеньев в составе поезда.

Для осуществления следящего действия со стороны водителя за тормозной системой трактора и прицепов необходимо, чтобы

приводные усилия на колесах трактора и прицепов соответствовали бы в каждый момент торможения весовой нагрузке, приходящейся на эти колеса. Но осуществить это без использования регуляторов тормозных сил на осях прицепа практически невозможно, так как нормальные реакции на осях прицепа (рис. 3) зависят от его загрузки и изменяются в значительных пределах.

В.В. Гуськов, П.П. Артемьев

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ АНАЛИЗ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ТРАКТОРНЫХ ПОЕЗДОВ КЛАССА 1,4 тс

Для выполнения все возрастающего объема транспортных работ в сельском хозяйстве наряду с автомобильным транспортом широкое применение получает тракторный, преимущественно на базе колесных тракторов. Однако с увеличением скоростей движения тракторных поездов резко возрастает интенсивность колебаний трактора. Трактористы от длительного воздействия этих колебаний испытывают повышенную усталость и недомогание, снижается их реакция. Все это вынуждает их уменьшать скорость движения, вследствие чего неполностью используются скоростные возможности современных тракторов, снижается производительность труда на транспорте.

В данной работе рассматривается вероятностный анализ определения допустимых скоростей движения тракторных поездов. Под допустимыми скоростями движения следует понимать такие, при которых колебания, действующие на водителя, не превышают норм, предусмотренных едиными требованиями к конструкции тракторов и сельскохозяйственных машин [1] $\ddot{z}_c = 0,1 g$ (ускорение свободного падения).

В основу анализа положена статистическая динамика механических систем с конечным числом степеней свободы.

Статистическая динамика в последние 10 – 12 лет находит широкое применение при исследованиях динамических процессов различных систем как у нас, так и за рубежом. Это работы докторов технических наук В.В. Болотина, А.А. Силаева, Р.В. Рентенберга, А.Б. Лурье, В.П. Рослякова, В.Я. Аниловича и др., а также ряда американских ученых, объединенных в сборнике "Случайные колебания" под редакцией С.Кренделла, работы М.Г. Беккера и др.