

мента по сцеплению шин с грунтом, а на промежуточном карданном валу момент достигает величины 420 Н·м, что в 1,4 раза больше момента по сцеплению шин с грунтом. Согласно опытным данным, при аналогичных условиях максимальные динамические нагрузки на промежуточном карданном валу привода переднего моста достигают величины 430 Н·м, что отличается от расчетного на 3,2%.

Предлагаемая электронная модель позволяет исследовать динамические нагрузки в силовой передаче переднего и заднего моста трактора МТЗ-82.

#### Л и т е р а т у р а

1. Ривин Е.И. Динамика привода станков. М., 1966.

УДК 629.113.3 - 592

Н.В. Богдан, Г.П. Грибко, канд-ты техн. наук,  
И.С. Рахлей

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ НОРМАЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ НА ОСЯХ ТРАКТОРНОГО ПОЕЗДА ПРИ ТОРМОЖЕНИИ

При торможении тракторного поезда изменяются нормальные реакции на осях звеньев поезда, вследствие чего передние оси звеньев догружаются, а задние разгружаются. Это приводит в результате деформации упругих элементов подвески и шин к повороту остова вокруг оси тангажа. Угловые перемещения остова при торможении часто называют кренами, так как при торможении момент, вызывающий крен, изменяется сравнительно медленно и действие его можно считать статическим [1]. При этом крены в продольной плоскости зависят от интенсивности торможения, момента инерции остова, высоты центра тяжести, упругих и демпфирующих характеристик подвески и шин. В зависимости от сочетания указанных факторов характер угловых перемещений остова и, соответственно, изменение реакций на осях будет статическим или колебательным.

Для колеса с пневматической шиной нормальная реакция может быть определена по выражению [2] :

$$R = c z + \beta \dot{z} , \quad (1)$$

где  $z$  и  $\dot{z}$  - величина и скорость деформации шины в ради-

альном направлении;  $c$  и  $\beta$  - коэффициенты жесткости и демпфирования шины.

Значения  $z(t)$  и  $\dot{z}(t)$  можно определить, решив дифференциальные уравнения, описывающие движение звеньев тракторного поезда в вертикальном и продольном направлениях. Для вывода уравнений воспользуемся методикой, приведенной в работе [1], рассматривая каждое звено тракторного поезда в отдельности и заменяя усилия в сцепках соответствующими реакциями.

Для тракторов класса 14 кН характерна следующая особенность:

$$\frac{\rho^2}{ab} \rightarrow 1, \quad (2)$$

где  $\rho$  - радиус инерции остова трактора;  $a$  и  $b$  - продольные координаты центра тяжести трактора.

В этом случае для неподрессоренной оси трактора с учетом соотношения (2) будем иметь одно уравнение

$$\frac{G}{g} \ddot{z} + 2\beta \dot{z} + 2cz = T \frac{h}{L} - P_{\text{сц}} \frac{h - h_{\text{сц}}}{L}, \quad (3)$$

где  $G$  - вес, приходящийся на ось;  $T$  - тормозная сила;  $h$  и  $L$  - высота центра тяжести и база трактора;  $P_{\text{сц}}$  - усилие в сцепке;  $h_{\text{сц}}$  - высота сцепного устройства.

Применяя метод суперпозиции, рассмотрим на примере уравнения (3) характер переходного процесса изменения нормальной реакции на оси при разделном действии тормозной силы и усилия в сцепке. Примем, что тормозная сила линейно возрастает в течение некоторого промежутка времени  $t_1$  и дальше остается постоянной. Совместное решение уравнений (1) и (2) проводилось на АВМ. При этом исходные данные соответствуют конструктивным параметрам трактора МТЗ-80.

Результаты решения показывают, что время нарастания тормозной силы существенно влияет на характер переходного процесса изменения нормальной реакции. При  $t_1 < \frac{\pi}{k}$ , где  $k$  - частота собственных колебаний, переходный процесс определяется только параметрами колебательной системы и до определенного значения  $t_1$  имеет вид затухающих колебаний. С увеличением  $t_1$  амплитуда колебаний нормальной реакции на оси уменьшается. Колебание нормальной реакции удобно оценивать коэффициентом динамичности, который представляет собой отношение максимальной амплитуды реакции к ее стати-

ческому значению. Приведенная зависимость коэффициента динамичности изменения нормальной реакции от времени нарастания тормозной силы (рис. 1) показывает, что при  $t_1 \geq 0,5$  с коэффициент динамичности меньше 1,05. Следовательно, изменение нормальной реакции на оси можно считать статическим только при  $t_1 \geq 0,5$  с, т.е. уравнение (3) можно рассматривать без учета производных.

На характер и величину нормальной реакции, исходя из уравнения (3), влияет усилие в сцепке, изменение которого по времени зависит от многих факторов (несинхронность торможения трактора и прицепов, упруго-диссипативные характеристики буксирного устройства, зазоры в сцепке и др.). Степень этого влияния определяется разностью  $h - h_{\text{сц}}$  и при  $h = h_{\text{сц}}$  усилие в сцепке не будет сказываться на величине реакции.

Рис. 1. Влияние времени срабатывания тормозов трактора на коэффициент динамичности нормальной реакции на оси трактора.

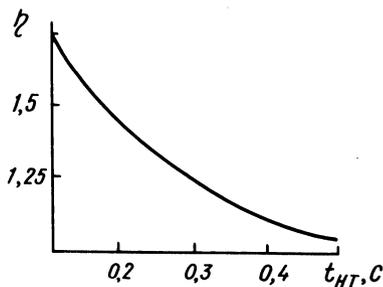
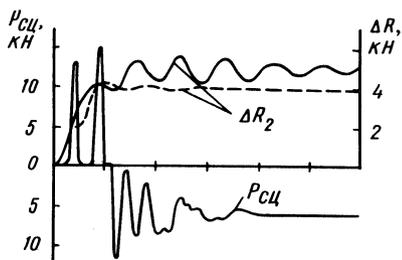


Рис. 2. Динамические характеристики изменения усилия в сцепке и нормальной реакции на задней оси трактора при торможении, полученные на АВМ: — с учетом усилия в сцепке; - - - без учета усилия в сцепке.



На рис. 2 приведены графики изменения усилия в сцепке и нормальной реакции на задней оси трактора в процессе торможения, полученные на АВМ. Время нарастания тормозной силы выбиралось в соответствии с рис. 1 таким, чтобы при отсутствии усилия в сцепке коэффициент динамичности для нормальной реакции не превышал 1,05. Вследствие того, что усилие в сцепке имеет резко переменный характер, возникают колебания реакции на оси. Однако при небольших значениях разности  $h - h_{\text{сц}}$  (в рассматриваемом примере до 100 мм) влияние

усилия в сцепке на характер изменения реакции становится несущественным и его можно не учитывать в практических расчетах.

Экспериментальная проверка приведенных выше результатов моделирования процесса торможения тракторного поезда на АВМ показала хорошее качественное совпадение данных расчета и эксперимента. При торможении тракторного поезда состоящего из трактора МТЗ-80 и прицепа 2ПТС-4, только тормозами прицепа изменение нормальной реакции на оси трактора вследствие

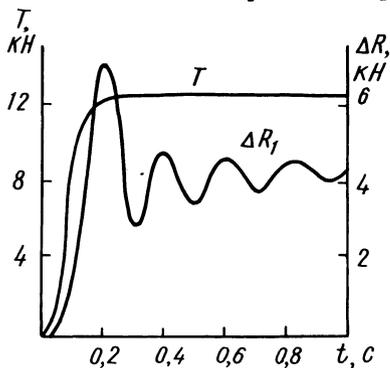


Рис. 3. Экспериментальные динамические характеристики тормозной силы на задней оси и нормальной реакции на передней оси трактора при торможении.

малой разности  $h - h_{\text{сц}}$  не наблюдалось. Приведенная динамическая характеристика тормозной силы на задней оси и нормальной реакции на передней оси трактора МТЗ-80 при экстренном торможении на дороге с асфальтовым покрытием показывает (рис. 3), что время нарастания тормозной силы составляет 0,1 с. При этом нормальная реакция на передней оси увеличилась на 4,5 кН за 0,15 с, а коэффициент динамичности ее составляет 1,66.

Для снижения коэффициента динамичности нормальных реакций на осях трактора при торможении необходимо, чтобы время нарастания тормозной силы находилось в пределах 0,4 с. При этом параметры тормозной системы тракторного поезда следует выбирать так, чтобы не было значительных колебаний усилий в сцепке, а высота сцепки должна находиться как можно ближе к высоте центра тяжести трактора.

#### Л и т е р а т у р а

1. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля. Колебания и плавность хода. М., 1972.
2. Гоберман Л.А. Прикладная механика колесных машин. М., 1974.