

Для зависимости $K_{\text{опт}} = K(\vartheta)$ при любой начальной скорости торможения характерны два участка, на которых изменение $K_{\text{опт}}$ достаточно хорошо аппроксимируется линейной функцией. С увеличением начальной скорости торможения $K_{\text{опт}}$ уменьшается.

Как видно из графиков (рис. 3), при увеличении отношения h_g/L в 1,5 раза ($b/L = 0,4$) значения $K_{\text{опт}}$ уменьшаются в 1,26 раза. Это обусловлено более значительным перераспределением нагрузки между колесами каждого из мостов при торможении автомобиля на повороте. Кроме того, для автомобилей со значительно смещенным вперед центром масс ($b/L \geq 0,6$) труднее добиться высокой эффективности торможения на повороте по сравнению с автомобилями, имеющими обычные компоновочные соотношения, причем большее снижение ее характерно для автомобилей с высоко расположенным центром масс ($h_g/L = 0,3$).

Таким образом, проведенные исследования позволили установить следующее.

1. Существует оптимальный уровень постоянно действующей суммарной тормозной силы на колесах автомобиля, обеспечивающий минимальный тормозной путь его на повороте при сохранении устойчивости против заноса и опрокидывания.

2. Оптимальный уровень суммарной тормозной силы при любой начальной скорости торможения может быть представлен в виде кусочно-линейной зависимости от угла поворота управляемых колес.

3. Наиболее существенно влияние основных компоновочных характеристик автомобиля на суммарную тормозную силу проявляется для автомобилей со смещенным вперед и высоко расположенным центром масс ($h_g/L \geq 0,3$; $b/L \geq 0,6$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Б у х а р и н Н.А. Тормозные системы автомобилей. – М.-Л., 1950. – 292 с.
2. П е к е р Ф.Л. Динамика торможения короткобазных автомобилей с гидравлическим тормозным приводом: Автореф. Дис.... канд.техн.наук. – Харьков, 1984. – 22 с.
3. М о и с е в Н.Н., И в а н и л о в Ю.П., С т о л я р о в а Е.М. Методы оптимизации. – М., 1978. – 351 с.
4. Математическое обеспечение ЕС ЭВМ. Минск, 1978, вып. 17. – 116 с.

УДК 629.114.2.02-592

Н.В. БОГДАН, канд.техн.наук (БПИ)

СОВМЕСТНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ ТРАКТОРА МОТОРНЫМ ТОРМОЗОМ-ЗАМЕДЛИТЕЛЕМ И РАБОЧИМИ ТОРМОЗАМИ

Торможение тракторов, оборудованных ВТС, можно производить рабочими тормозами при включенной муфте сцепления и моторным тормозом-замедлителем совместно. При таком торможении возникает дополнительная сила торможения моторным тормозом-замедлителем. Противоположно ей направлена приведенная к колесам трактора инерционная сила двигателя и связанных с ним частей, вследствие чего интенсивность торможения снижается.

Когда момент инерционных сил двигателя превышает его тормозной момент, возникает необходимость в отключении двигателя, так как в дальнейшем совместное торможение нецелесообразно.

Доля тормозной силы моторного тормоза-замедлителя в суммарной при максимальном использовании рабочих тормозов незначительна. Однако, если инерционные силы двигателя и трансмиссии не превышают тормозной силы моторного тормоза-замедлителя, то при совместном торможении последние противодействуют блокированию колес. Это повышает устойчивость движения, особенно на скользкой дороге, имеющей уклон.

Для определения условий, в которых целесообразно проводить совместное торможение, составим систему уравнений, описывающих движение трактора при торможении с включенным и выключенным сцеплением:

$$\left. \begin{aligned} m_T \ddot{x}_T^I &= -P_{к.т} - P_{м.т} + P_{jт}^k + P_i - P_f ; \\ m_T \ddot{x}_T^II &= -P_{к.т} + P_{jт}^k - P_f + P_i , \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где m_T — масса трактора; $\ddot{x}_T^I, \ddot{x}_T^II$ — замедление трактора с включенным и выключенным сцеплением; $P_{к.т}, P_{к.м}$ — тормозные силы колесных тормозов и моторного тормоза; P_i — горизонтальная составляющая силы тяжести трактора, движущегося по склону; $P_{jт}^k$ — инерционная сила; P_f — сила сопротивления качению.

Анализируя выражения (1), можно отметить, что совместное торможение целесообразно в том случае, когда интенсивность такого торможения больше, чем рабочими тормозами, т.е. $\ddot{x}_T^I > \ddot{x}_T^II$. Для оценки влияния различных параметров на эффективность торможения представим уравнения (1) в виде:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x}_T^I &= \frac{[m_T g \eta_{тр} r_k (\sin \alpha - f \cos \alpha) - 2k_T p_1 \eta_{тр} - M_{м.т} i_{тр}] r_k}{m_T r_k^2 \eta_{тр} + I_{д} i_{тр}^2 + n_1 I_1 \eta_{тр}} ; \\ \ddot{x}_T^II &= \frac{m_T g r_k^2 (\sin \alpha - f \cos \alpha) - 2k_T p_1 r_k}{m_T r_k^2 + n_1 I_1} , \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где k_T — коэффициент эффективности тормозных механизмов; p_1 — давление в тормозных камерах; r_k — радиус качения колеса; $\eta_{тр}$ — КПД трансмиссии; f — коэффициент сопротивления перекатыванию; $M_{м.т}$ — тормозной момент двигателя; $i_{тр}$ — передаточное число трансмиссии; $I_{д}, I_1$ — моменты инерции деталей двигателя, трансмиссии и колес трактора; g — ускорение свободного падения; α — угол уклона дороги.

Из сопоставления этих уравнений при условии равенства тормозных сил $P_{к.т}$ для обоих случаев торможения следует, что при совместном торможении инерционная сила препятствует торможению. Для определения предела, до которого целесообразно совместное торможение на горизонтальном участке пути, вычтем из первого уравнения второе и, проведя соответствующие преобразования, получим:

$$\Delta \ddot{x} = [2k_{\text{T}} p_1 r_{\text{К}} I_{\text{Д}} i_{\text{ТР}}^2 - m_{\text{T}} g r_{\text{К}}^2 I_{\text{Д}} i_{\text{ТР}}^2 (\sin \alpha - f \cos \alpha) - M_{\text{М.Т}} i_{\text{ТР}} r_{\text{К}} (m_{\text{T}} r_{\text{T}}^2 + n_1 I_1)] / [(m_{\text{T}} r_{\text{К}}^2 \eta_{\text{ТР}} + I_{\text{Д}} i_{\text{ТР}}^2 + n_1 I_1 \eta_{\text{ТР}}) (m_{\text{T}} r_{\text{К}}^2 + n_1 I_1)]. \quad (3)$$

Из анализа выражения (3) видно, что совместное торможение будет целесообразно в том случае, когда

$$M_{\text{М.Т}} (m_{\text{T}} r_{\text{К}}^2 + n_1 I_1) \geq 2k_{\text{T}} p_1 I_{\text{Д}} i_{\text{ТР}}.$$

Максимальное использование рабочих тормозов, т.е. увеличение p_1 , способствует снижению предела, до которого совместное торможение целесообразно. Следовательно, совместное торможение наиболее рационально при служебных торможениях. Увеличение предельного замедления, при котором целесообразно совместное торможение, можно производить за счет снижения $i_{\text{ТР}}$, а также момента инерции вращающихся деталей двигателя.

В результате расчета по уравнениям (2) построены графики замедлений трактора Т-150К при торможении на горизонтальном участке пути описываемыми способами (рис. 1). Видно, что увеличение передаточного числа трансмиссии от 17,6 до 25,7 (транспортный диапазон передач) не оказывает существенного влияния на замедление трактора. Превалирующее влияние на замедление оказывает тормозной момент двигателя. При торможении с перекрытием выпускных коллекторов двигателя заслонками (тормозной момент двигателя достигает 0,4 кН·м) совместное торможение целесообразно на любых передачах транспортного ряда и при любой степени использования рабочих тормозов. Однако, если торможение осуществляется двигателем без перекрытия выпускных коллекторов заслонками (на принудительном холостом ходу), то $M_{\text{Т.М}} \leq 0,15$ кН·м, и совместное торможение должно производиться только при малой степени использования рабочих тормозов. В этом режиме торможения с увеличением передаточного числа трансмиссии снижается предельное значение замедления, при котором совместное торможение целесообразно.

Таким образом, увеличение эффективности ВТС и снижение передаточных чисел трансмиссии способствует повышению предельной интенсивности совместного торможения трактора.

Процесс совместного торможения характеризуется снижением поступательной скорости движения трактора, а, следовательно, и частоты вращения двигателя. Это приводит к уменьшению тормозного момента двигателя. Проведенный расчет с учетом реальных характеристик падения тормозного момента двигателя СМД-62 в зависимости от его частоты вращения позволил определить скорости движения трактора Т-150К, до которых целесообразно совместное торможение (рис. 2). Расчет проводился для совместного торможения на принудительном холостом ходу для двух выбранных степеней использования рабочей тормозной системы, при которых она обеспечивает замедление трактора $5,5 \text{ м/с}^2$ и $2,5 \text{ м/с}^2$.

С уменьшением скорости трактора снижается возможное замедление его при торможении, а при некоторой скорости эффективность совместного торможения становится ниже, чем при торможении только рабочими тормозами.

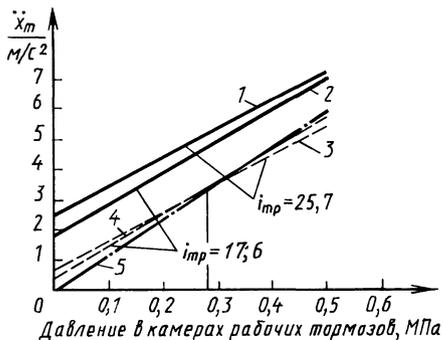


Рис. 1. Зависимость замедления трактора Т-150К от давления в тормозных камерах, передаточного числа трансмиссии и тормозного момента двигателя: 1, 2 – совместное торможение при $M_{м.т} = 0,55 \text{ кН}\cdot\text{м}$; 3, 4 – совместное торможение при $M_{м.т} = 0,15 \text{ кН}\cdot\text{м}$; 5 – торможение рабочими тормозами

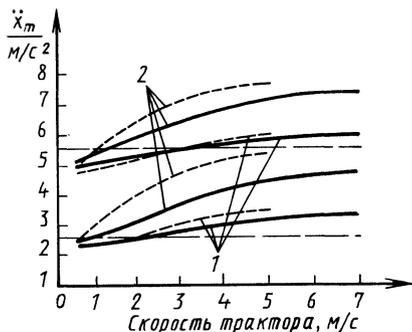


Рис. 2. Зависимость замедления трактора Т-150К от скорости движения при совместном торможении на принудительном холостом ходу двигателя (1) и с перекрытием выпускных коллекторов заслонками (2): — — — — — совместное торможение на VII передаче ($i_{тр} = 17,6$); - - - - - совместное торможение на V передаче ($i_{тр} = 25,7$); — · — · — · торможение рабочими тормозами

Снижение степени использования рабочих тормозов, или увеличение тормозного момента двигателя, приводит к уменьшению предельной скорости движения трактора, при которой целесообразно совместное торможение. Повышение передаточного числа трансмиссии способствует некоторому увеличению замедления трактора, особенно при совместном торможении с перекрытием выпускных коллекторов двигателя заслонками. Таким образом, путем регулирования тормозного момента двигателя и тормозных сил рабочей тормозной системы можно повышать предел интенсивности совместного торможения и снижать предельную скорость движения трактора, при которой целесообразно совместное торможение.

УДК 629.114.2

В.П. БОЙКОВ, канд.техн.наук,
М.А. ЛЕВИН, канд.техн.наук (БПИ)

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛАСТИЧНОГО КОЛЕСНОГО ДВИЖИТЕЛЯ С ОСНОВАНИЕМ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИМСЯ УПРУГОВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Предложено несколько подходов и моделей, позволяющих анализировать процесс взаимодействия эластичного колеса с почвой [1...4]. Однако математическое описание поведения столь неоднородного материала, как почва, при динамическом приложении нагрузки представляется неразрешимой задачей.