

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССОВ ТОРМОЖЕНИЯ САМОХОДНЫХ КОЛЕСНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Самоходные сельскохозяйственные машины имеют, как правило, тормозные механизмы только на колесах одной оси. В связи с этим в транспортных режимах работы тормозные качества сельхозмашин бывают недостаточными. В то же время самоходные сельхозмашины оборудованы различными средствами повышения тягово-сцепных качеств, многие из которых рекомендуется выключать при работе в транспортном режиме (блокировка межколесных дифференциалов, дополнительные ведущие мосты и др.). Сцепные качества таких машин при движении в тормозном режиме значительно ниже, чем в тяговом.

Необходимость использования всех имеющихся средств повышения сцепных качеств в тормозном режиме объясняется условиями эксплуатации самоходных сельхозмашин (работа на продольных и поперечных склонах, большие отличия сцепных свойств опорной поверхности в течение года и т.д.). Поэтому понятно повышенное внимание разработчиков и эксплуатационников к вопросам влияния типа межколесной и межосевой связей на динамику процессов торможения ходовых систем.

Блокирование межколесного дифференциала при торможении сельхозмашины в отдельных случаях движения увеличивает суммарную тормозную силу оси вследствие более полного использования тормозных качеств отдельных колес и повышает курсовую устойчивость.

При блокировании межколесного дифференциала в случае различных динамических радиусов колес одной оси большие значения тормозной силы соответствуют колесу меньшего размера. Дополнительная тормозная сила вследствие блокирования межколесного дифференциала определяется по формуле

$$P_T(K_K) = N'_K \varphi \left(\frac{K_K - 1}{K_K} \right);$$

где N'_K, K_K, φ' – соответственно весовая нагрузка на меньшее колесо, коэффициент кинематического рассогласования колес и коэффициент сцепления меньшего колеса с дорогой.

Общая тормозная сила от действия тормозных механизмов и блокирования дифференциала равна сумме

$$P_T = P_{Tm} + P_T(K_K)$$

Кинематическое рассогласование колес при их торможении оказывает влияние на перераспределение скольжения и коэффициентов сцепления. При этом тормозные силы изменяются неоднозначно при использовании сцепления колес в зоне пропорционального увеличения коэффициента сцепления в зависимости от скольжения, т.е. «эластичного» скольжения вследствие растяжения протектора тормозной силой (первая зона), и в зоне от начала уменьшения коэффициента сцепления в зависимости от скольжения до блокирования колеса (вторая зона).

В первой зоне блокирование дифференциала увеличивает скольжение колеса меньшего размера и его тормозную силу и уменьшает тормозную силу и скольжение большего колеса. Отклоняющий момент, разворачивающий ось в сторону меньшего колеса, в данном случае увеличивается. Во второй зоне, наоборот, увеличение скольжения меньшего колеса снижает его тормозную силу и увеличивает тормозную силу большего колеса, что уменьшает величину отклоняющего момента и повышает курсовую устойчивость движения. Таким образом, блокирование межколесного дифференциала при торможении более целесообразно при интенсивности торможения, соответствующей второй зоне зависимостей коэффициента сцепления от скольжения колеса.

При наличии конструктивных факторов неравномерности работы тормозных механизмов, при нарушении регулировки одного из них в процессе эксплуатации, а также в случае различной развесовки по колесам блокирование дифференциала позволяет устранить возможную блокировку одного из колес путем передачи части тормозного момента колеса, нагруженного большей тормозной силой, на менее нагруженное колесо и тем самым повысить эффективность торможения машины и предохранить ее от заноса. Выравнивание моментов будет происходить до тех пор, пока разность тормозных моментов не превысит момента блокирования дифференциала.

Необходимо отметить, что различные механизмы блокирования дифференциалов оказывают неодинаковое влияние на тормозную динамику машин. Так, механизмы блокирования дифференциалов в виде муфт предельного момента характеризуются переменным коэффициентом блокировки в зависимости от передаваемого момента. Степень блокирования дифференциала снижается с увеличением подводимого к нему крутящего момента. Такие дифференциалы в начальный момент торможения, когда тормозные моменты резко возрастают, имеют малые коэффициенты блокировки, что благоприятно сказывается на устойчивости движения. С уменьшением тормозных моментов (скольжение одного из колес, плохие сцепные свойства поверхности, выход из строя одного тормоза и др.) момент блокировки резко возрастает.

Дифференциал повышенного трения с подвижными сателлитами имеет менее благоприятную характеристику, так как его коэффициент блокировки не изменяется с увеличением тормозного момента.

Влияние блокирования межколесного дифференциала на курсовую устойчивость сельхозмашины в процессе торможения показано на рис. 1, где изображены зависимости отклоняющих моментов от неравномерности работы тормозных механизмов при коэффициентах блокировки, равных 1,0; 1,6; 2,0. Условия, при которых получены зависимости: колея машины 2 м, коэффициент сцепления 0,8, весовая нагрузка на каждое из колес 20 кН.

Одним из эффективных путей повышения тормозных качеств полноприводных самоходных сельхозмашин, имеющих одну тормозную ось, являются принудительное блокирование при торможении межосевого привода и включение управляемого моста в тормозной режим. В этом случае полный вес сельхозмашины используется для создания тормозной силы путем передачи (циркуляции) тормозных моментов через трансмиссию от колес управляемого моста к колесам основного моста. Тормозные механизмы основного моста в данном случае нагружаются дополнительным моментом со стороны трансмиссии и колес управляемого моста, что снижает вероятность их блокирования в случае установки тормозов на задней оси, а следовательно, и заноса машины.

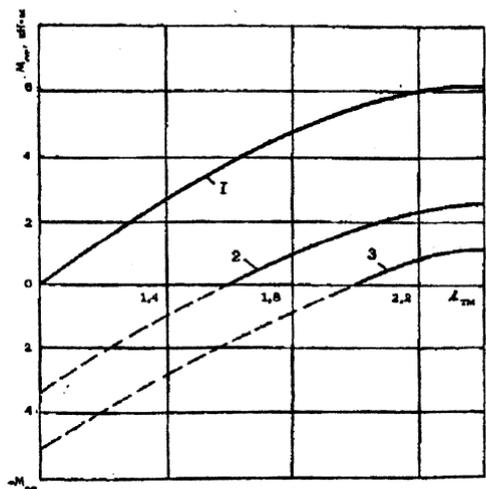


Рис. 1. Зависимость отклоняющих моментов $M_{от}$ от неравномерности работы тормозных механизмов $\lambda_{ТМ}$ при коэффициентах блокировки, равных 1,0/1; 1,6/2; 2,0/3/

Величина уменьшения тормозного пути самоходной сельхозмашины при блокировании межосевого привода определяется зависимостью

$$\Delta S_T = [(L - a_c) + h_c \varphi] \cdot \left[\frac{V_0^2}{2a_c g \varphi} + \frac{t_1^2 g \varphi}{24(L + h_c \varphi)} \right]$$

где L - база машины;

a_c - горизонтальная координата центра тяжести машины в отсчете от задней оси;

h_c - вертикальная координата центра тяжести машины;

φ - коэффициент сцепления;

g - ускорение свободного падения;

V_0 - начальная скорость при торможении;

t_1 - время от начала соприкосновения фрикционных элементов до момента достижения максимального замедления.

Влияние блокирования межосевого привода на величину уменьшения тормозного пути сельхозмашины в зависимости от начальной скорости при торможении и коэффициента сцепления ($I - \varphi = 0,4$; $2 - \varphi = 0,8$) показано на рис. 2, а. Зависимости тормозного пути самоходной сельхозмашины с передними управляемыми колесами от начальной скорости при торможении для разных схем привода и давления воздуха в пинах передних и задних колес представлены на рис. 2, б.

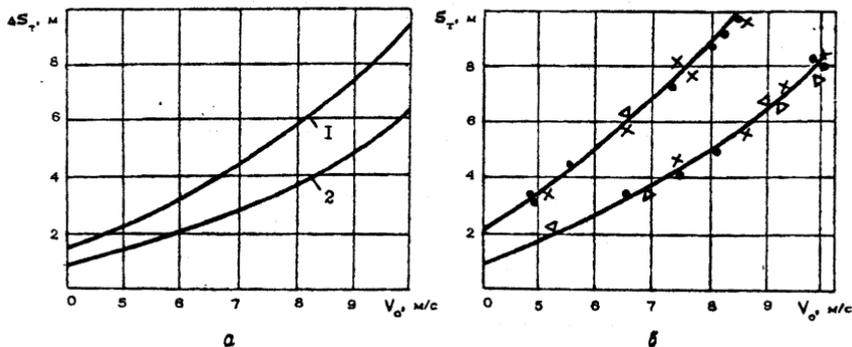


Рис. 2. Влияние межосевого привода на тормозные качества ходовой системы:

а - разность тормозным путей ΔS_T при торможении по схемам 4К2 и 4К4 в зависимости от начальной скорости движения V_0 и коэффициента сцепления ($\varphi = 0,4$ /1/; $\varphi = 0,8$ /2/);

б - тормозной путь в зависимости от V_0 при различном соотношении давлений воздуха в пинах передних и задних колес /1 - схема 4К2; 2 - схема 4К4; P_{w1}/P_{w2} МПа: • - 0,08/0,25; Δ - 0,01/0,15; x - 0,25/0,08/

Зависимости, представленные на рис. 2, а, показывают, что тормозной путь сельхозмашины при блокировании межосевого привода уменьшается на 30...40% в диапазоне скоростей движения 4...10 м/с. При этом эффективность блокирования привода несколько увеличивается с уменьшением коэффициента сцепления. Изменение давления воздуха в шинах передних и задних колес не оказывает существенного влияния на изменение тормозного пути (см. рис. 2, б).

На эффективность торможения самоходных сельхозмашин с трансмиссиями, содержащими гидрообъемный привод, существенное влияние оказывает система управления гидромашинами. Рациональная последовательность изменения объемов гидромашин при рабочих торможениях, снижение инерционности управления ими в случае экстренного торможения, применение специальных распределителей, запирающих полости гидромоторов, позволяют улучшить динамику начальной фазы торможения.

Эффективность использования тормозных механизмов самоходных сельхозмашин с двухмашинным гидрообъемным приводом при экстренных торможениях может быть повышена путем применения механизмов синхронизации управления тормозами и гидроприводом. Известны решения, позволяющие отдельно управлять педалями левого и правого тормозов при выполнении технологического процесса без выведения рукоятки управления гидрообъемной передачей в нейтральное положение и гарантированно выводить указанную рукоятку в нейтральное положение при нажатии на обе педали одновременно в транспортном режиме работы сельхозмашины.

На сельхозмашинах с мотор-колесами эффективность торможения в экстренных ситуациях в случае необходимости может быть повышена путем одновременно торможения гидроприводом и стояночно-аварийными тормозами. При этом необходимо учитывать инерционные качества приводов стояночно-аварийных тормозов, содержащих пружинные энергоаккумуляторы. Для обеспечения максимальной эффективности торможения такие тормоза должны приводиться в действие с некоторым опережением по времени (0,3...0,6 с) по отношению к моменту выведения в нейтральное положение рукоятки управления гидротрансмиссией.

Одними из основных направлений улучшения динамики процессов торможения самоходных сельхозмашин, реализуемых при разработке трансмиссий, являются создание рабочих и стояночных тормозных систем с общим тормозным механизмом, применение дисковых тормозных механизмов, использование для пар трения современных фрикционных материалов. Улучшить динамику процессов торможения самоходных сельхозмашин можно также внедрением прогрессивных способов автоматического поддержания зазоров между парами трения, применением в гидроприводах управления жидкостей с улучшенными вязкостно-температурными характеристиками и низкой гигроскопичностью.

Все более широкое применение для управления тормозами сельхозмашин находят автоматика и микропроцессорная техника, позволяющие значительно улучшить динамику процессов торможения машин за счет оперативности и достоверности оценки состояния каждой из систем колесо-дорога и выбора, в соответствии с этим, наиболее рациональных алгоритмов управления тормозными системами.

Применение на высокопроизводительных дорогостоящих сельхозмашинах мехатронных систем управления тормозами позволит улучшить динамику процессов торможения и кардинально решить вопрос обеспечения активной безопасности таких машин не только на транспортных режимах работы, но и при выполнении технологических операций.

В эксплуатации сельхозмашин улучшение динамики процессов торможения обеспечивается ежедневным контролем технического состояния, своевременным проведением регламентных работ по обслуживанию и рациональным применением в тормозном режиме всех имеющихся на машине средств повышения сцепных качеств.

На дорогах с плохими сцепными свойствами целесообразно тормозить механическими тормозами, не отключая трансмиссию, так как при этом тормозная сила может быть сравнительно небольшой и менее вероятно блокирование одного из колес, что уменьшает опасность заноса. Опытные механизаторы при торможении на скользких дорогах для повышения курсовой устойчивости иногда применяют импульсное торможение, т.е. быстро блокируют и разблокируют колеса, однако этот способ ненадежен, поскольку многое здесь зависит от квалификации и внимания водителя, скорости изменения внешних условий и т.д.

Рассмотренные способы повышения эффективности использования тормозных механизмов позволяют во многих случаях улучшить динамику торможения самоходных колесных сельхозмашин без конструктивных изменений в тормозной системе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скойбеда А. Т. Автоматизация ходовых систем колесных машин. - Мн.: Наука и техника, 1979. - 280 с.
2. Попов Д.И. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. - М.: Машиностроение, 1987. - 464 с.
3. Скойбеда А.Т., Комяк И.М. Прогрессивные направления развития конструкций тормозных механизмов самоходных колесных сельскохозяйственных машин и повышение эффективности их использования. - Мн.: БелНИИНТИ, 1988. - 52 с.
4. Skoyboda A.T., Komyak I.M. Tendencies of the development of the self-moving wheel agricultural machine breaking systems // Proceeding of fifth international scientific-technical conference on internal combustion engines and motor vehicles MOTAUTO 98, Sofia 14-16 October 1998, - Sofia, Vol. IV, ISBN 954-90272-2-8. p. 74-80.
5. Buchholz K. Electronics drive future innovations // Automotive engineering, 2000-№10, -p.56-58.
6. Высоцкий М.С., Бутылин В.Г., Иванов В.Г. Мехат-

ронные системы активной безопасности мобильных машин// Актуальные проблемы динамики и прочности в теоретической и прикладной механике. - Мн.: УП «Технопринт», 2001. - с.107-118.