

3. При переключении передач на ходу трактора длительность переходных процессов увеличивается с ростом нагрузки (от 0,15 до 0,5 с).

4. На транспортных работах в хороших дорожных условиях при включенной автоблокировке дифференциала заднего моста в системе задней оси наблюдается появление упругого момента и пульсация величины крутящего момента на полуосях.

5. На наш взгляд, установка в раздаточной коробке трактора МТЗ-82 муфты принудительного отключения переднего ведущего моста позволяет избегать ненужных включений его в работу при транспортных операциях по асфальтовым и грунтовым дорогам.

Л и т е р а т у р а

1. Кугель Р.В., Дьяков И.Я., Приходько Л.С., Утемисов У.Б. Характеристики использования тракторов класса 1,4 т.с. и 3,0 т.с. по видам работ. — "Тракторы и сельхозмашины", 1972, №9. 2. Будько В.В., Лефаров А.Х. Распределение крутящих моментов по колесам заблокированной оси. — В сб.: Автомобиле- и тракторостроение. Динамика и долговечность тягово-транспортных машин", Минск, 1974, вып.5.

А.Т. Скойбеда

ОБ ОЦЕНОЧНОМ КРИТЕРИИ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО БЛОКИРОВАНИЯ МЕЖКОЛЕСНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛОВ ТРАКТОРА

Один из эффективных способов улучшения тяговых качеств трактора — блокировка межколесных дифференциалов, в особенности при автоматизации управления, обеспечивающей своевременное ее включение и выключение. Она вызывает изменение чувствительности системы управления и, как следствие, — устойчивости прямолинейного движения и маневренности. В связи с этим правильный выбор параметров автоматической блокировки дифференциалов (АБД) весьма важен.

В конструкциях современных тракторов все большее применение находят системы блокирования межколесных дифференциалов с автоматическим или полуавтоматическим управлением [1—4]. Исполнительными механизмами таких систем являются фрикционные муфты с гидравлическим, пневматическим или комбинированным приводом, а управляющими — датчики, кинематически связанные с различными деталями рулевого привода, навесной системы, управления тормозами и др.

В конструкции тракторов "Беларусь" впервые применена система автоматического блокирования межколесного дифференциала заднего моста, включающая фрикционную муфту с гидравлическим приводом и датчик управления ею, кинематически связанный с рейкой гидроусилителя рулевого механизма [4].

Такая система обеспечивает постоянную блокировку дифференциала при прямолинейном движении и автоматическую разблокировку его при движении на повороте, когда управляемые колеса повернуты от нейтрального положения на некоторый угол, называемый углом блокирования. В настоящее время при расчете систем АБД определяют два основных параметра: величину момента трения блокировочных муфт и значение угла блокирования. Однако эти параметры являются статическими характеристиками системы АБД и отражают конструктивные ее особенности.

Движение трактора с автоматической блокировкой дифференциалов характерно тем, что при маневрировании, когда необходимо поворачивать колеса из одного крайнего положения в противоположное, многократно включаются и выключаются блокировочные муфты. При этом трактор какое-то время совершает криволинейное движение с заблокированными дифференциалами, что существенно влияет на его маневренность. Для динамической оценки системы АБД предлагается обобщающий критерий, названный коэффициентом времени блокирования τ_{δ} , равный отношению времени, в течение которого дифференциалы при выполнении определенного маневра остаются заблокированными Σt_{δ} к общему времени маневра t_M (рис. 1)

$$\tau_{\delta} = \frac{\Sigma t_{\delta}}{t_M} \quad (1)$$

Ниже приведена методика определения основных параметров системы АБД. Моменты трения блокировочных муфт определяются из условия надежного блокирования дифференциалов

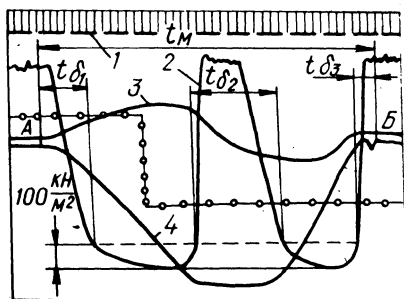


Рис. 1. Определение коэффициента времени блокировки при маневрировании по виду осциллограммы:

1 —отметчик времени; 2— запись давления в гидромфуте; 3—угол поворота управляемого колеса; 4—угол поворота продольной оси трактора. А,Б—начало и конец маневра; t_M — время маневра; t_{δ_1} , t_{δ_2} , t_{δ_3} — время заблокированного состояния дифференциала; - - - заданная траектория движения.

при работе трактора в конкретных производственных условиях; движение по склону, одним бортом в борозде во время пахоты, а также из условия устойчивого движения одним бортом по скользким участкам в процессе выполнения транспортных работ.

Определяя крутящие моменты ведущих колес, необходимо учитывать перераспределение весовых нагрузок от бокового крена трактора, смещения центра тяжести относительно его продольной оси и действия реактивного момента, возникающего при передаче момента двигателя.

Так, при движении по горизонтальной поверхности, когда условия сцепления колес с почвой различны, разность моментов на колесах передней оси

$$\Delta M_{\pi} = r_{\pi} \Delta \varphi_{\pi} \left[\frac{G_{\varepsilon} a - P_{кр} \cos \gamma_{кр} h'_{кр} - M_f}{2L} + \frac{M_{\varepsilon} n i_{к,п} \eta_{к,п}}{B(n+1)} \right], \quad (2)$$

разность моментов на колесах задней оси

$$\Delta M_k = r_{\text{д}}^{\text{к}} \Delta \varphi_{\text{к}} \left[\frac{G_{\text{э}} b + P_{\text{кр}} (\cos \gamma_{\text{кр}} h'_{\text{кр}} + L \sin \gamma_{\text{кр}} + M_f)}{2L} + \frac{e}{B} \left(G_{\text{э}} - \frac{M_{\text{д}} i_{\text{к.п}} \eta'_{\text{к.п}}}{e(n+1)} \right) \right], \quad (3)$$

где $r_{\text{д}}^{\text{п}}$, $r_{\text{д}}^{\text{к}}$ — динамические радиусы соответственно передних и задних колес; $\Delta \varphi_{\text{п}}$, $\Delta \varphi_{\text{к}}$ — разность коэффициентов сцепления с почвой соответственно передних и задних колес; $G_{\text{э}}$ — эксплуатационный вес трактора; a , b — расстояние от центра тяжести до задней и передней осей трактора; L , B — продольная база и колея трактора; $P_{\text{кр}}$ — тяговое сопротивление на крюке; $h'_{\text{кр}}$ — высота условной точки прицепа; $\gamma_{\text{кр}}$ — угол наклона линии действия тягового сопротивления на крюке к поверхности пути; $M_{\text{д}}$ — момент двигателя; $i_{\text{к.п}}$ — передаточное число коробки передач; $\eta_{\text{к.п.}}$ — коэффициент полезного действия коробки передач; e — смещение центра тяжести относительно продольной оси симметрии трактора; n — коэффициент, равный отношению моментов, передаваемых передней и задней ведущими осями; M_f — момент сопротивления качению трактора.

Аналогично были получены формулы для определения разности весовых нагрузок и крутящих моментов на колесах ведущих осей при пахоте навесным плугом и движении по склону.

Табл. 1 показывает, что наибольшее перераспределение вертикальных нагрузок между колесами одной оси соответствует движению по склону при поперечном крене трактора $\beta = 0,28$ рад. Однако наибольшее перераспределение моментов соответствует движению по горизонтальному участку при разности коэффициентов сцепления, равном 0,6. Определим значение разности коэффициентов сцепления, соответствующие полученным разностям моментов на колесах одной ведущей оси.

Если принять, что вертикальные нагрузки и радиусы колес одной оси равны между собой и не изменяются в процессе

Таблица 1. Данные к расчету разности коэффициентов сцепления

Случай движения	φ	$\Delta \varphi$	$\Delta G_{п}, \text{кН}$	$\Delta G_{к}, \text{кН}$	$\Delta M_{п}, \text{кН}\cdot\text{м}$	$\Delta M_{к}, \text{кН}\cdot\text{м}$	$\Delta \varphi_{пр}$
Горизонтальный участок	0,4	0,1	0,3	3,0	0,5	1,92	0,12
$P_{кр} = 10 \text{ кН}$	0,1	0,6	0,3	3,0	2,11	5,5	0,394
Пахота на глубину 0,35 м	0,6	0,1	0,52	5,5	0,86	3,6	0,248
Склон $\beta = 0,28 \text{ рад}$	0,6	0,1	2,36	6,3	1,13	4,0	0,31
$P_{кр} = 10 \text{ кН}$							

движения, тогда разность коэффициентов сцепления колес, соответствующая максимальному перераспределению моментов ($\Delta M_{\max}^{\text{п}}, \Delta M_{\max}^{\text{к}}$), подсчитанному для рассматриваемых случаев движения, будет

$$\Delta \varphi_{пр} = \frac{1}{G_{\Sigma}} \left(\frac{\Delta M_{\max}^{\text{п}}}{r^{\text{п}}} + \frac{\Delta M_{\max}^{\text{к}}}{r^{\text{к}}} \right). \quad (4)$$

По известным значениям разности коэффициентов сцепления, соответствующим наибольшему перераспределению крутящих моментов между колесами одной оси, можно определить моменты трения фрикционных муфт, блокирующих дифференциалы переднего и заднего ведущих мостов

$$\Delta M_{\text{ф}}^{\text{п(к)}} = \frac{\Delta \varphi_{пр} G_{\text{п(к)}} r^{\text{п(к)}}}{z i_{\text{б.п}}^{\text{п(к)}}}, \quad (5)$$

где z --- коэффициент, зависящий от схемы блокирования дифференциала (при схеме блокирования полуось --- полуось $z = 2$, а корпус дифференциала --- полуось $z = 1$); $i_{\text{б.п}}^{\text{п(к)}}$ --- передаточное отношение бортовой передачи переднего ($i_{\text{б.п}}^{\text{п}}$) и заднего ($i_{\text{б.п}}^{\text{к}}$) мостов.

Для тракторов "Беларусь" наибольшая разность коэффициентов сцепления, исходя из которой необходимо рассчитывать моменты трения блокировочных муфт, равна 0,394 ($\approx 0,4$). В этом случае момент трения муфты для блокирования дифференциала переднего моста трактора "Беларусь" равен 0,2, а заднего — 0,35 кН·м.

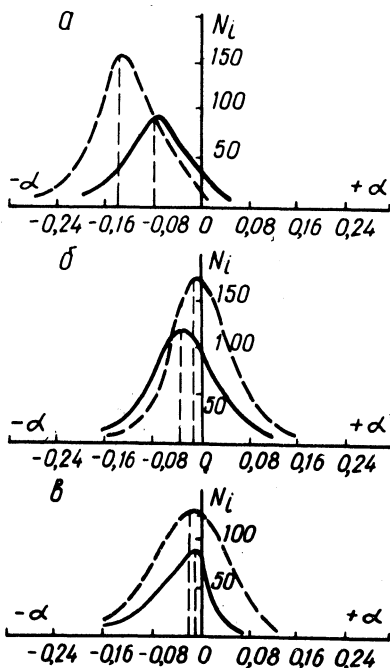
Угол блокирования не может выбираться произвольно, так как, с одной стороны, он оказывает влияние на величину коэффициента времени блокировки и перераспределение моментов на ведущих колесах, а с другой — при недостаточной его величине и движении в борозде или на склоне может произойти произвольное разблокирование дифференциалов, что снижает эффективность использования автоматической блокировки.

Для выявления необходимого угла блокирования при прямолинейном движении в различных условиях определялись углы отклонения управляемых колес от нейтрального положения при работе трактора с крючковой нагрузкой в борозде, на склоне, горизонтальном участке укатанного торфяника и на асфальте.

По средним данным 5—8 опытов, считываемым со счетчиков, составлялись таблицы, на основании которых были построены

Рис. 2. Отклонения управляемых колес от нейтрального положения при движении:

а—в борозде 0,8 м ($P_{кр} = 14$ кН, $v = 1,7$ м/с, длина участка 400 м); б—по асфальту ($P_{кр} = 4$ кН, $v = 4,75$ м/с, длина участка 1000 м); в—укатанный торфяник ($P_{кр} = 4$ кН, $v = 2,06$ м/с, длина участка 400 м); - - - без блокировки; — дифференциал заблокирован.



гистограммы, представляющие собой плотности распределения амплитуд отклонения управляемых колес (рис. 2). Результаты показывают, что блокирование дифференциалов в 1,5—1,7 раза уменьшает общее число отклонений управляемых колес при прямолинейном движении, а величина наибольших отклонений для всех случаев движения при заблокированных дифференциалах меньше на 0,035—0,07 рад по сравнению с неблокированными.

При движении с заблокированными дифференциалами наибольшее отклонение колес от нейтрального положения соответствует движению в борозде, когда математическое ожидание кривой распределения отклонений смещается влево (рис. 2, а) на 0,0875 рад, а отклонения вокруг среднего положения достигли $\pm 0,0875$ рад.

Таким образом, угол блокирования дифференциалов, равный $\pm 0,175$ рад, является достаточным для всех рассмотренных случаев движения.

Коэффициент времени блокировки при найденных значениях момента трения фрикционных муфт и угла блокирования целесообразно определять экспериментально при выполнении определенного маневра, например "переставки". Маневр "переставка" заключается в переводе трактора с одной полосы движения на другую с постоянной скоростью за минимально возможное время (рис. 1).

Испытания проводились при различной скорости движения и при значениях угла блокирования $\alpha_6 \pm 0,0525$ и $\pm 0,140$ рад.

Кроме того, проводились отдельные опыты при постоянно заблокированных дифференциалах.

Результаты исследований показывают, что с увеличением скорости движения и угла блокирования коэффициент времени блокировки возрастает и приближается к единице (рис. 3). Это происходит потому, что с увеличением скорости поворота ω_k управляемых колес время выключения и включения блокировки и время маневра уменьшается непропорционально. Если время включения изменяется в пределах 0,4—0,5 с, то время выключения от 1,2 с при $\omega_k = 0,03$ рад/с до 0,5 с при $\omega_k = 0,15$ рад/с. Время маневра уменьшается еще более интенсивно: от 24 с при $\omega_k = 0,03$ рад/с до 7 с при $\omega_k = 0,15$ рад/с.

При движении с крюковой нагрузкой 3 кН время маневра увеличивается по сравнению с движением без нагрузки на 15—20%. Значение коэффициента времени блокировки при движении

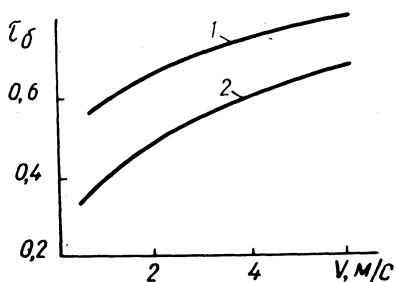


Рис. 3. Влияние скорости движения на коэффициент времени блокировки при выполнении маневра "переставка":
1,2—угол блокирования $\pm 0,12$ и $\pm 0,05$ рад.

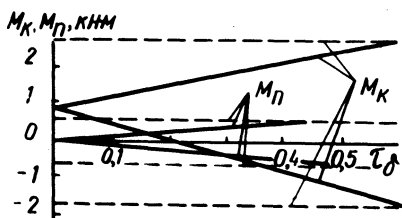


Рис. 4. Влияние коэффициента времени блокировки на перераспределение крутящих моментов при выполнении маневра "переставка":
 M_p , M_k — крутящие моменты на передних и задних колесах; — — дифференциалы заблокированы постоянно; - - - блокировка автоматическая.

с круговой нагрузкой уменьшается, так как время включенного состояния блокировки практически не зависит от круговой нагрузки, а время маневра несколько увеличивается.

Коэффициент времени блокировки является важной характеристикой, его величина дает возможность судить о промежутке времени, в течение которого трактор совершает тот или иной маневр с заблокированными дифференциалами, что влияет на характер перераспределения сил и моментов, действующих на трактор, при выполнении маневра.

Увеличение коэффициента τ_b до 0,5 при выполнении маневра "переставка" приводит к перераспределению моментов на задних ведущих колесах в пределах (+) 2,5 -- (-) 1,5 кН·м, а передних — (+) 0,51 -- (-) 0,49 кН·м, т.е. близкому к перераспределению их, когда трактор совершает маневр с постоянно заблокированными дифференциалами (рис. 4). Это указывает на необходимость уменьшения величины коэффициента τ_b до значения 0,2, когда моменты на колесах остаются положительными.

Если такое значение коэффициента τ_{δ} конструктивно обеспечить затруднительно, тогда систему АБД необходимо при движении на транспорте выключить. Таким образом, оценка системы с помощью коэффициента времени блокировки позволяет ответить на вопрос, допустимо ли использование ее при движении по твердой дороге на транспортных скоростях.

В ы в о д ы

1. Система автоматической блокировки межколесных дифференциалов характеризуется следующими основными показателями: величиной углов отклонения управляемых колес от нейтрального положения, при которых блокировка включается и выключается (углом блокирования); моментами трения муфт блокирования и коэффициентом времени блокировки τ_{δ} , равным отношению времени заблокированного состояния дифференциалов Σt_{δ} при повороте трактора к общему времени маневра t_m .

2. Угол блокирования должен выбираться исходя из условий работы, когда прямолинейное движение трактора осуществляется с повернутыми колесами (движение в борозде, на склоне и с несимметричными сельхозмашинами). Блокирование дифференциалов способствует уменьшению в 1,5—2 раза частоты и амплитуды произвольных угловых отклонений управляемых колес при движении в данных условиях.

На основании гистограмм плотности распределения угловых отклонений поворотных колес в различных условиях движения угол блокирования дифференциалов выбран равным $\pm 0,175$ рад.

3. Коэффициент времени блокирования τ_{δ} характеризует работу системы при маневрировании трактора и зависит от величины угла блокирования и скорости включения и выключения блокировки. Его значение должно быть не более 0,2. В этом случае крутящие моменты на колесах при маневрировании на твердой поверхности остаются положительными, а движение устойчивым. Такому значению τ_{δ} соответствует система автоблокировки с давлением жидкости в силовых цилиндрах гидромуфт 250 кН/м^2 и углом блокирования $\pm 0,05$ рад.

4. Исходя из наиболее вероятных эксплуатационных условий определены разности ведущих моментов на колесах одной оси и подобраны значения моментов трения блокировочных муфт :

0,2 — для переднего и 0,35 кН·м — для заднего дифференциалов. На основе этих данных обеспечивается надежность блокирования дифференциалов обоих ведущих мостов трактора "Беларусь" при разности коэффициентов сцепления колес с почвой 0,4.

Л и т е р а т у р а

1. Чудаков Д.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. М., 1972. 2. Селиванов И.И. Автомобили и транспортные гусеничные машины высокой проходимости. М., 1967. 3. Харви Дж. Р., Бернارد Дж. Д. Механизм блокировки дифференциала на тракторах "Джон-Дир". — "Сельскохозяйственная техника", 1964, № 12. 4. Тракторы "Беларусь" МТЗ-80, МТЗ-80Л, МТЗ-82, МТЗ-82 Л. Руководство по эксплуатации и уходу. Минск, 1973.

Н.В. Богдан, Г.П. Грибко

ВЫБОР УСТАНОВОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛЯТОРА ТОРМОЗНЫХ СИЛ ДЛЯ ДВУХОСНОГО ПРИЦЕПА

Повышение энергонасыщенности и транспортных скоростей колесных тракторов дает возможность широко использовать их в качестве тягача с одним и двумя двухосными прицепами. Тракторный поезд все больше стал эксплуатироваться в грузовом потоке совместно с автомобилем, что вызывает необходимость оснащения тракторного поезда эффективными тормозами. Чтобы обеспечить оптимальное торможение тракторного поезда, нужно регулировать тормозные силы по осям поезда в соответствии с динамической нагрузкой, приходящейся на эти оси. Одним из наиболее эффективных способов рационального распределения суммарной тормозной силы между осями тракторного поезда, обеспечивающего сохранение устойчивости движения и удовлетворительное использование сцепного веса при торможении, является применение регуляторов тормозных сил. Тормозные силы необходимо регулировать на передних осях