

РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ БОРТОВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СТЕПЕНИ ИЗНОСА ТОРМОЗНЫХ НАКЛАДОК

Докт. техн. наук КАРПИЕВИЧ Ю. Д.

Белорусский национальный технический университет

Микропроцессорная система бортового диагностирования степени износа тормозных накладок. В условиях рыночных отношений одной из основных задач, стоящих перед автомобилестроителями, является повышение технического уровня, надежности и конкурентоспособности выпускаемой техники.

В то же время получивший наибольшее практическое распространение на автотранспорте регламентный характер контрольно-диагностических работ не может обеспечить требуемого уровня технического состояния агрегатов и, в частности, тормозных систем, так как не учитывает индивидуальные особенности каждого автомобиля, условия его эксплуатации, технического обслуживания и проведенных ранее ремонтных работ.

Одним из путей решения этой проблемы является разработка методов бортового диагностирования технического состояния тормозных систем автомобилей, позволяющих перейти к техническому обслуживанию по фактической необходимости, и за счет этого исключить, с одной стороны, возможность эксплуатации неисправного автомобиля, а с другой – необоснованные простои, материальные и трудовые затраты, например при преждевременной замене тормозных накладок.

Рассмотрим новый метод бортового диагностирования степени износа тормозных накладок на примере двухосного автомобиля МАЗ. Структурная схема системы бортового диагностирования степени износа тормозных накладок показана на рис. 1.

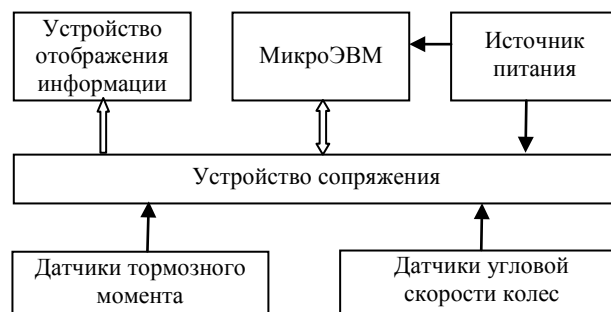


Рис. 1

Ядром системы является микроЭВМ, в ПЗУ которой хранится программа диагностирования. Для связи микроЭВМ с объектом диагностирования используется устройство сопряжения, предназначенное для предварительной фильтрации входных информационных сигналов и преобразования их в стандартную для микроЭВМ форму.

Устройство отображения информации служит для индицирования степени износа тормозных накладок каждого колеса.

Источник питания используется для обеспечения функционирования системы бортового диагностирования.

Получение необходимой информации для определения степени износа тормозных накладок производится при помощи датчиков тормозного момента и угловой скорости колес [2]. На реальном автомобиле тормозной момент может определяться с помощью штатных датчиков давления, установленных в тормозных камерах или на выходе электропневматических модуляторов тормозного давления.

Для определения зависимости тормозного момента от давления в тормозных камерах проведем некоторые расчеты.

Из аналитического силового расчета тормозных механизмов автомобилей МАЗ найдем зависимость тормозного момента M_T на колесе от усилия Q на штоке тормозной камеры, прилагаемого к рычагу разжимного кулака тормоза [1]:

$$M_T = Q\mu \frac{2L}{d_k} \frac{h_1 + h_2}{2A} =$$

$$= Q \cdot 0,37 \cdot \frac{2 \cdot 0,15}{0,028} \frac{0,295 + 0,299}{2 \cdot 0,697} = 1,7Q, \quad (1)$$

где A – характеристический коэффициент тормозного механизма; L – длина рычага разжимного кулака; d_k – условный диаметр кулака; μ – коэффициент трения между фрикционной накладкой и тормозным барабаном; h_1, h_2 – плечи действия силы со стороны разжимного кулака на колодку.

Входящий в выражение (1) коэффициент A определяют по формуле [1]

$$A = \frac{l}{r_6} \frac{\sin 2\alpha_0 - \sin 2(\alpha_0 + \beta_0) + 2\beta_0}{4[\cos \alpha_0 - \cos(\alpha_0 + \beta_0)]} =$$

$$= \frac{168}{210} \cdot \frac{\sin 58^\circ - \sin 278^\circ + 2\left(\frac{11}{18}\pi\right)}{4(\cos 29^\circ - \cos 139^\circ)} = \quad (2)$$

$$= \frac{168}{210} \cdot \frac{0,848 + 0,9903 + 3,84}{4(0,8746 + 0,7547)} =$$

$$= \frac{168}{210} \cdot \frac{5,6783}{4 \cdot 1,6293} = \frac{5,6783}{8,1465} = 0,697,$$

где r_6 – радиус тормозного барабана; l – расстояние от центра тормозного барабана до центра опорной оси колодки; α_0 – угловая координата начала фрикционной накладки; β_0 – угол охвата фрикционной накладки.

Тормозные механизмы передней и задней осей двухосного автомобиля МАЗ конструктивно отличаются шириной накладок и комплектуются тормозными камерами типа 24 и 30 соответственно.

Силовые характеристики тормозных камер выражаются следующей зависимостью [1]:

$$\left. \begin{aligned} Q &= 146,67P - 35 \quad (\text{тип 24}); \\ Q &= 193,33P - 30 \quad (\text{тип 30}). \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Подставляя значения Q из (3) в (1), получим зависимость тормозного момента на тормозных механизмах передней оси M_{T1} и на тормозных механизмах задней оси M_{T2} от давления сжатого воздуха в тормозных камерах:

$$\left. \begin{aligned} M_{T1} &= 1,7Q = 1,7(146,67P - 35) = 249,34P - 59,5 \\ & \quad (\text{тип 24}); \\ M_{T2} &= 1,7Q = 1,7(193,33P - 30) = 328,66P - 51 \\ & \quad (\text{тип 30}). \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Измерение угловой скорости колес может производиться с помощью датчиков мод. 16.3843 (на стенде) или датчиков частоты вращения колес, используемых в антиблокировочной системе (АБС). Предлагаемый метод диагностирования степени износа тормозных накладок отличается от традиционных, основанных на непосредственном измерении толщины накладок. При этом предполагается, что износ тормозных накладок зависит линейно от работы трения.

По данному методу [2] определяют работу трения тормозных накладок путем интегрирования произведения значений информационных сигналов от первичных преобразователей тормозного момента на соответствующие им значения информационных сигналов от первичных преобразователей угловой скорости колес по времени.

Полученное значение работы трения тормозных накладок для данного тормозного механизма после каждого торможения прибавляется к сумме предыдущих торможений. Общая сумма работы трения делится на наперед заданное значение работы трения тормозных накладок, соответствующее предельно допустимому износу тормозных накладок, и тем самым определяется степень износа.

Значение работы трения, соответствующее предельно допустимому износу тормозных накладок для тормозных механизмов передней и задней осей, определяется предварительно экспериментальным путем на инерционном тормозном стенде, например на стенде ГКТИ мод. 509.252, путем циклических торможений и интегрирования произведения значений информационных сигналов от первичного преоб-

разователя тормозного момента на соответствующие значения информационных сигналов от первичного преобразователя угловой скорости тормозного барабана по времени.

Полученное значение работы трения тормозных накладок для данного тормозного механизма после каждого торможения прибавляется к сумме предыдущих торможений. В результате получаем значение работы трения, соответствующее предельно допустимому износу тормозных накладок для тормозных механизмов передней и задней осей.

Математически это запишется следующим образом:

- для тормозного механизма передней оси:

$$L_0 = \int_0^t M_{\tau 1} \omega_{\delta 1} dt; \quad (5)$$

$$L_{00} = \sum_{\rho=1}^n L_{0\rho}; \quad (6)$$

- для тормозного механизма задней оси:

$$L_k = \int_0^t M_{\tau 2} \omega_{\delta 2} dt; \quad (7)$$

$$L_{0k} = \sum_{\rho=1}^n L_{k\rho}; \quad (8)$$

где L_0 , L_k – текущие значения работ трения тормозных накладок соответственно тормозного механизма передней оси и тормозного механизма задней оси; $\omega_{\delta 1}$, $\omega_{\delta 2}$ – текущие значения угловых скоростей соответственно тормозного барабана передней оси и тормозного барабана задней оси; L_{00} , L_{0k} – значения работ трения, соответствующие предельно допустимому износу тормозных накладок тормозного механизма передней оси и тормозного механизма задней оси; $\rho = 1, 2, \dots, n$; n – количество торможений; t – время трения тормозных накладок.

Определив экспериментально на стенде работу трения, соответствующую предельно допустимому износу тормозных накладок, запишем математические зависимости, которые позволяют определить степень износа тормозных накладок при бортовом диагностировании:

- переднего левого тормозного механизма:

$$L_1 = \int_0^t M_{\tau 1} \omega_{k1} dt; \quad (9)$$

$$\Delta_1 = \frac{\sum_{\rho=1}^n L_{1\rho}}{L_{00}} \cdot 100 \%; \quad (10)$$

- переднего правого тормозного механизма:

$$L_2 = \int_0^t M_{\tau 1} \omega_{k2} dt; \quad (11)$$

$$\Delta_2 = \frac{\sum_{\rho=1}^n L_{2\rho}}{L_{00}} \cdot 100 \%; \quad (12)$$

- заднего левого тормозного механизма:

$$L_3 = \int_0^t M_{\tau 2} \omega_{k3} dt; \quad (13)$$

$$\Delta_3 = \frac{\sum_{\rho=1}^n L_{3\rho}}{L_{0k}} \cdot 100 \%; \quad (14)$$

- заднего правого тормозного механизма:

$$L_4 = \int_0^t M_{\tau 2} \omega_{k4} dt; \quad (15)$$

$$\Delta_4 = \frac{\sum_{\rho=1}^n L_{4\rho}}{L_{0k}} \cdot 100 \%; \quad (16)$$

где L_1 , L_2 , L_3 , L_4 – текущие значения работ трения тормозных накладок соответственно переднего левого, переднего правого, заднего левого и заднего правого тормозных механизмов; ω_{k1} , ω_{k2} , ω_{k3} , ω_{k4} – текущие значения угловых скоростей соответственно переднего левого, переднего правого, заднего левого и заднего правого колес; Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 , Δ_4 – степень износа тормозных накладок соответственно переднего левого, переднего правого, заднего левого и заднего правого тормозных механизмов.

Из выражений (10), (12), (14), (16) видно, что степень износа накладок тормозных меха-

низмов можно определить после каждого торможения.

Расчет экономического эффекта от использования микропроцессорной системы бортового диагностирования степени износа тормозных накладок выполнен на основе «Инструкции по оценке эффективности использования в народном хозяйстве республики результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ», утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 18.05.2002 № 637.

Расчет экономического эффекта производился на примере автомобиля МАЗ-64221.

Экономический эффект от использования микропроцессорной системы бортового диагностирования степени износа тормозных накладок определяется по формуле

$$\mathcal{E} = P_T - Z_T,$$

где P_T – стоимостная оценка результатов использования разработки (ожидаемое или фактическое поступление средств) за расчетный период; Z_T – стоимостная оценка издержек на создание и использование разработки за расчетный период.

Поступление средств в результате внедрения микропроцессорной системы бортового диагностирования степени износа тормозных накладок отсутствует, следовательно, экономический эффект может быть получен за счет снижения текущих затрат

$$\mathcal{E} = Z_{T1} - Z_{T2},$$

где Z_{T1} – издержки эксплуатации тормозных накладок при планово-предупредительной системе их замены; Z_{T2} – издержки на создание и эксплуатацию микропроцессорной системы бортового диагностирования степени износа тормозных накладок.

1. *Определим текущие издержки, связанные с эксплуатацией и заменой тормозных накладок при существующей планово-предупредительной системе, в расчете на годовой пробег.*

Годовой пробег автомобиля МАЗ-64221 определяется по формуле

$$L_T = T_n v_T \beta D_k \alpha_b,$$

где T_n – время в наряде, ч; $v_T = 35$ км/ч – средняя техническая скорость автомобиля; $\beta = 0,6$ – коэффициент использования пробега; $D_k = 360$ дн. – длительность календарного года; $\alpha_b = 0,65$ – коэффициент выпуска автомобилей на линию.

Время в наряде определяется по формуле

$$T_n = (t_{cm} - t_{n-3})n,$$

где t_{cm} – продолжительность рабочей смены, ч; $t_{n-3} = 0,3$ ч – подготовительно-заключительное время за смену; $n = 1$ – число смен.

Продолжительность рабочей смены определим по формуле

$$t_{cm} \frac{t_n}{n_p} = \frac{40}{6} = 6,7 \text{ ч},$$

где $t_n = 40$ ч – продолжительность рабочей недели; $n_p = 6$ дней – число рабочих дней в неделе.

Время в наряде составит

$$T_n = (6,7 - 0,3) \cdot 1 = 6,4 \text{ ч}.$$

Годовой пробег автомобиля МАЗ-64221 рассчитаем

$$L_T = 6,4 \cdot 35 \cdot 0,6 \cdot 360 \cdot 0,65 = 31450 \text{ км}.$$

Материальные затраты составляют стоимость используемых тормозных накладок. Стоимость тормозных накладок в количестве шесть комплектов для автомобиля МАЗ-64221 будет $K_n = 140400$ р.

Стоимость тормозных накладок, приходящаяся на годовой пробег автомобиля:

$$K_{nr} = K_n \frac{L_T}{L_{n.pr}} = 140400 \cdot \frac{31450}{90000} = 49062 \text{ р.},$$

где $L_{n.pr} = 90000$ км – срок службы тормозных накладок до их замены при планово-предупредительной системе технического обслуживания.

На стенде для испытания тормозов мод. 509.252 по методикам М-1-97 и М-15-2002 проведены испытания тормозных накладок шифра LU 102М производства фирмы Lumag на получение численного значения суммарной работы трения тормозных накладок, соответствующей их предельно допустимому износу, с целью применения полученного численного

значения суммарной работы трения в качестве интегрального показателя степени износа тормозных накладок при бортовом диагностировании технического состояния тормозных механизмов автомобиля МАЗ-64221 в процессе его реальной эксплуатации.

Материальные затраты при испытании этих накладок составляют стоимость трех комплектов (испытания повторяют три раза)

$$K_{н1} = 23400 \cdot 3 = 70200 \text{ р.}$$

Следовательно, суммарные материальные затраты рассчитаем следующим образом:

$$M_1 = K_{нт} + K_{н1} = 49062 + 70200 = 119262 \text{ р.}$$

Основную заработную плату слесаря при проверке степени износа тормозных накладок на автомобиле в течение года определим по формуле

$$ЗП_{сл.пр.} = C_{чтс} t_{пр} n_{пр} (1 + K_{пр}),$$

где $C_{чтс} = 812 \text{ р./ч}$ – часовая тарифная ставка слесаря III разряда; $t_{пр} = 0,3 \text{ ч}$ – трудоемкость проверки степени износа тормозных накладок; $n_{пр}$ – количество проверок степени износа тормозных накладок в течение года; $K_{пр} = 0,4$ – коэффициент, учитывающий размер премий.

Количество проверок степени износа тормозных накладок в год определяется по формуле

$$n_{пр} = \frac{L_r}{L_{пр}} = \frac{31450}{15000} = 2,1,$$

где $L_{пр} = 15000 \text{ км}$ – пробег автомобиля до очередной проверки степени износа тормозных накладок.

Основная заработная плата слесаря при проверке степени износа тормозных накладок на автомобиле в течение года составит

$$ЗП_{сл.пр.} = 812 \cdot 0,3 \cdot 2,1 \cdot (1 + 0,4) = 716 \text{ р.}$$

Основную заработную плату слесаря, испытывающего тормозные накладки на стенде в течение года, определим по формуле

$$ЗП_{сл.ст.} = C_{чтс} t_{п} (1 + K_{пр}) = 812 \cdot 80 \cdot (1 + 0,4) = 90944 \text{ р.,}$$

где $t_{п} = 80 \text{ ч}$ – время испытания тормозных накладок на стенде в течение года.

Основную заработную плату слесаря по замене тормозных накладок при планово-предупредительной системе технического обслуживания тормозных механизмов в расчете на годовой пробег автомобиля рассчитаем по выражению

$$ЗП_{сл.з} = C_{чтс} t_3 (1 + K_{пр}) n_{пр} = 812 \cdot 8 \times \\ \times (1 + 0,4) \cdot 2,1 = 19098 \text{ р.,}$$

где $t_3 = 8 \text{ чел./ч}$ – трудоемкость замены тормозных накладок.

Суммарная основная заработная плата составит

$$ЗП_{о1} = ЗП_{сл.пр.} + ЗП_{сл.ст.} + ЗП_{сл.з} = 716 + \\ + 90944 + 19098 = 110758 \text{ р.}$$

Дополнительная заработная плата основных рабочих будет

$$ЗП_{д1} = ЗП_{о1} K_d = 110758 \cdot 0,1 = 11076 \text{ р.,}$$

где $K_d = 0,1$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату основных рабочих.

Суммарная заработная плата слесарей составит

$$ЗП_1 = ЗП_{о1} + ЗП_{д1} = 110758 + 11076 = \\ = 121834 \text{ р.}$$

Отчисления в бюджет и внебюджетные фонды определим по формуле

$$З_{б1} = ЗП_1 (C_{сс} + C_{фз}) = 121834 \cdot 0,4 = 48734 \text{ р.,}$$

где $C_{сс} = 35 \%$ – ставка отчислений на социальное страхование; $C_{фз} = 5 \%$ – ставка чрезвычайного налога и отчислений в фонд занятости.

Амортизацию стенда, приходящуюся на испытания тормозных накладок, рассчитаем по выражению

$$A_1 = \frac{K_{ст} H_{ал} t_{п}}{100 \Phi} = \frac{614250 \cdot 6,7 \cdot 80}{100 \cdot 1270} = 2592 \text{ р.,}$$

где $K_{ст} = 614250 \text{ р.}$ – стоимость стенда; $H_{ал} = 6,7 \%$ – полная норма амортизации; $\Phi = 1270 \text{ ч}$ – годовой фонд времени работы стенда.

Накладные расходы определим по формуле

$$З_{н1} = \frac{ЗП_{о1} H_p}{100} = \frac{110758 \cdot 270}{100} = 299047 \text{ р.,}$$

где $H_p = 270\%$ – процент накладных расходов (в условиях ОАО «Автосила»).

Итого суммарные издержки по эксплуатации и замене тормозных накладок при планово-предупредительной системе технического обслуживания тормозных механизмов составят

$$Z_{r1} = M_1 + 3\Pi_1 + 3\phi_1 + A_1 + 3_{n1} = 119262 + 121834 + 48734 + 2592 + 299047 = 591469 \text{ р.}$$

2. Рассчитаем текущие издержки, связанные с эксплуатацией и заменой тормозных накладок при установке на автомобиль микропроцессорной системы бортового диагностирования степени износа тормозных накладок.

Материальные затраты составят стоимость используемых тормозных накладок, приходящаяся на годовой пробег автомобиля:

$$M_2 = \frac{K_n L_r}{T_{сл.н}} = \frac{140400 \cdot 31450}{113000} = 39076 \text{ р.},$$

где $T_{сл.н} = 113000$ км – срок службы тормозных накладок до их предельно допустимого износа.

Основная заработная плата слесаря при замене тормозных накладок на автомобиле, оборудованном микропроцессорной системой бортового диагностирования степени износа тормозных накладок в расчете на годовой пробег составит

$$\begin{aligned} 3\Pi_{o2} &= C_{чтс} t_3 (1 + K_{пр}) \frac{L_r}{T_{сл.н}} = \\ &= 812 \cdot 8 \cdot (1 + 0,4) \cdot \frac{31450}{113000} = 2531 \text{ р.} \end{aligned}$$

Дополнительная заработная плата слесарей

$$3\Pi_{д2} = 3\Pi_{o2} K_d = 2531 \cdot 0,1 = 253 \text{ р.}$$

Суммарная заработная плата слесарей

$$3\Pi_2 = 3\Pi_{o2} + 3\Pi_{д2} = 2531 + 253 = 2784 \text{ р.}$$

Отчисления в бюджет и внебюджетные фонды равны

$$3\phi_2 = 3\Pi_2 (C_{cc} + C_{фз}) = 2784 \cdot 0,4 = 1114 \text{ р.}$$

Амортизация микропроцессорной системы управления и бортового диагностирования, приходящаяся на бортовое диагностирование степени износа тормозных накладок, определяется по формуле

$$A_2 = \frac{K_{мпс} H_{a2}}{100} K_d = \frac{585000 \cdot 16,7}{100} \cdot 0,08 = 7816 \text{ р.},$$

где $K_{мпс} = 585000$ р. – стоимость микропроцессорной системы управления и бортового диагностирования автомобиля; $H_{a2} = 16,7\%$ – норма амортизационных отчислений по микропроцессорной системе управления и бортового диагностирования автомобиля; $K_d = 0,08$ – коэффициент, учитывающий долю функций микропроцессорной системы управления и бортового диагностирования автомобиля, приходящуюся на бортовое диагностирование степени износа тормозных накладок.

Накладные расходы

$$3_{n2} = \frac{3\Pi_{o2} H_p}{100} = \frac{2531 \cdot 270}{100} = 6834 \text{ р.}$$

Итого суммарные издержки по замене тормозных накладок и эксплуатации микропроцессорной системы бортового диагностирования степени износа тормозных накладок составят

$$Z_{r2} = M_2 + 3\Pi_2 + 3\phi_2 + A_2 + 3_{n2} = 39076 + 2784 + 1114 + 7816 + 6834 = 57624 \text{ р.}$$

Экономия на текущих затратах при внедрении микропроцессорной системы бортового диагностирования степени износа тормозных накладок составит

$$\mathcal{E} = Z_{r1} - Z_{r2} = 591469 - 57624 = 533845 \text{ р.}$$

Эффективность издержек на внедрение микропроцессорной системы бортового диагностирования степени износа тормозных накладок

$$\mathcal{E}_и = \frac{\mathcal{E}}{Z_{r2}} = \frac{533845}{57624} = 9,3.$$

Период окупаемости инвестиций определяется по формуле

$$P_{ин} = \frac{И}{\mathcal{E}} = \frac{46800}{533845} = 0,1 \text{ года},$$

где $И = K_{мпс} K_d = 585000 \cdot 0,08 = 46800$ р. – объем инвестиций в создание микропроцессорной системы бортового диагностирования степени износа тормозных накладок.

Расчет экономического эффекта произведен в ценах 2003 г.

ВЫВОД

Использование работы трения как интегрального показателя при определении степени износа тормозных накладок позволяет оперативно, в любой период эксплуатации автомобиля, определить остаточный ресурс накладок каждого колеса, а также прогнозировать время их замены. Указанный метод может быть использован также для обеспечения равномерности износа тормозных накладок автомобиля или автопоезда при разработке электронного привода тормозов. Внедрение микропроцессорной системы бортового диагностирования

стенки износа тормозных накладок является высокоэффективным мероприятием.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Грузовые** автомобили / М. С. Высоцкий [и др.]. – М.: Машиностроение, 1979. – 384 с.
2. **Способ** прогнозирования износа тормозных накладок каждого колеса транспортных или тяговых машин и устройство для его осуществления / О. А. Маханьков [и др.]. // Положительное решение на выдачу патента Российской Федерации по заявке № 5015522/11 (062183) от 06.04.1993.

Поступила 6.12.2006

УДК 629.114.2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА ПРИ КРИВОЛИНЕЙНОМ ДВИЖЕНИИ

Кандидаты техн. наук ЖДАНОВИЧ Ч. И., РАВИНО В. В.

Белорусский национальный технический университет

В процессе эксплуатации гусеничный трактор движется по траектории сложной конфигурации, состоящей из прямо- и криволинейных участков. Проходимость тракторов при криволинейном движении характеризуется теми же показателями, что и при прямолинейном, и дополнительно – статической поворачиваемостью.

Критерий статической поворачиваемости (способности совершать равномерные повороты с малыми радиусами кривизны при невысоких скоростях) и одновременно обобщенный показатель проходимости при повороте – относительный минимальный кинематический радиус поворота [1, с. 291]. Кинематические параметры статической поворачиваемости – относительный радиус поворота и скорость движения трактора без учета юза и буксования гу-

сениц при повороте – являются теоретическими величинами [2, с. 25], а юз и буксование гусениц могут увеличить действительный радиус поворота по сравнению с теоретическим в 1,4–1,8 раза [1, с. 228]. В качестве критерия поворачиваемости гусеничного трактора используют также коэффициент запаса сцепления [1, с. 293; 2, с. 19].

Для расчета приведенных выше критериев поворачиваемости трактора необходимо определить следующие силовые и кинематические параметры:

- действительный радиус поворота R_d ;
- момент сопротивления повороту M_s ;
- силы тяги на гусеницах F_{k1} и F_{k2} ;
- буксование движителей δ_1 и δ_2 ;
- действительную скорость движения при повороте v_d .