

КУРСОВАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ТРАКТОРНОГО ПОЕЗДА ПРИ РАЗЛИЧНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ КРУТЯЩИХ МОМЕНТОВ МЕЖДУ МОСТАМИ

Забелышинский З.Э., Кириченко В.В., Клец Д.М., Подригало М.А.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Проанализирована курсовая устойчивость тракторного поезда при различном распределении крутящих моментов между мостами.

Введение. Распределение крутящих моментов между мостами трактора оказывает существенное влияние на устойчивость тракторного поезда против складывания. Известно, что колесо, нагруженное касательной реакцией дороги, с увеличением последней теряет способность противостоять действию боковой силы.

В настоящей статье с использованием коэффициента устойчивости тракторного поезда против складывания, произведена оценка его устойчивости при различном распределении крутящих моментов между передними и задними колесами трактора.

Анализ последних достижений и публикаций. В работах [1, 2, 3, 4, 5] определено, что колесо, нагруженное касательной реакцией дороги, по мере увеличения последней теряет способность воспринимать боковую силу.

Динамика тракторного поезда исследовалась в тяговом [6, 7] и тормозном [8, 9, 10] режимах. Однако в известных исследованиях не определено влияние распределения тяговой силы между осями трактора на устойчивость тракторного поезда против заноса (складывания). Наиболее важным с точки зрения обеспечения безопасности движения является сохранения устойчивости поезда против заноса (т.е. статической устойчивости).

Для оценки устойчивости колесных машин против заноса в работе [11] предложен коэффициент устойчивости, представляющий собой отношение момента стабилизирующего к моменту возмущающему занос

$$K_{уст} = \frac{M_{стаб}}{M_{возм}} = \frac{b \cdot R_{\delta_2}}{a \cdot R_{\delta_1}}, \quad (1)$$

где: $M_{возм}; M_{стаб}$ – моменты возмущающий и стабилизирующий занос, соответственно;

a, b – расстояние от передней и задней осей колесной машины до проекции центра масс на горизонтальную плоскость;

$R_{\delta_1}; R_{\delta_2}$ – суммарные боковые реакции дороги на колесах передней и задней осей колесной машины.

Исследование [11] показало, что наилучшей устойчивостью против заноса обладают колесные машины с приводом на передние колеса, а

наихудшей – с приводом на задние. Машины с приводом на все колеса занимают промежуточное положение по уровню устойчивости между передне- и заднеприводными. Однако в указанном исследовании не произведена оценка влияния распределения крутящих моментов между осями тягача на устойчивость тракторного поезда против заноса (складывания).

Цель и постановка задач исследования. Целью исследования является оценка курсовой устойчивости тракторного поезда при различном распределении крутящих моментов между мостами трактора.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить коэффициент устойчивости тракторного поезда;
- произвести оценку устойчивости тракторных поездов в составе трактора ХТЗ – 17221 и прицепа (полуприцепа).

Определение коэффициента устойчивости тракторного поезда. На рис. 1 приведена схема сил, действующих на тракторный поезд при использовании прицепа и полуприцепа. Рассмотрим движение тракторного поезда и произведём оценку устойчивости против заноса (складывания) по критерию коэффициента устойчивости $K_{уст}$. Рассмотрим тракторный поезд в составе трактор + прицеп (рис. 1а). Рассмотрим общий случай, при котором все мосты трактора являются ведущими.

При складывании тракторного поезда в составе трактор + прицеп, (рис. 1а) возмущающий момент формируется за счёт суммы моментов от предельных по сцеплению боковых реакций дороги на передней оси трактора и задней оси прицепа

$$M_{возм}^{\Pi} = R_{\delta_1} \cdot a + R_{\delta_{np2}} \cdot b_{np}, \quad (2)$$

где: $R_{\delta_{np2}}$ – суммарная боковая сила на задней оси прицепа;

b_{np} – расстояние от задней оси до проекции центра масс прицепа на горизонтальную плоскость.

Стабилизирующий момент создаётся суммой моментов от предельных по сцеплению боковых реакций дороги на колесах задней оси трактора и передней оси прицепа.

$$M_{стб}^{\Pi} = R_{\delta_2} \cdot b + R_{\delta_{np1}} \cdot a_{np}, \quad (3)$$

где: $R_{\delta_{np1}}$ – предельная по сцеплению суммарная боковая реакция дороги на передних колесах прицепа;

a_{np} – расстояние от передней оси прицепа до проекции его центра масс на горизонтальную плоскость.

Коэффициент устойчивости тракторного поезда в этом случае

$$K_{уст}^{\Pi} = \frac{M_{стб}^{\Pi}}{M_{возм}^{\Pi}} = \frac{R_{\delta_2} \cdot b + R_{\delta_{np1}} \cdot a_{np}}{R_{\delta_1} \cdot a + R_{\delta_{np2}} \cdot b_{np}}. \quad (4)$$

При $K_{ycm}^{II} \geq 1$ движение тракторного поезда устойчиво, а при $K_{ycm}^{II} < 1$ – неустойчиво.

Предельные боковые реакции на колесах прицепа

$$R_{\delta_{np1}} = \varphi \cdot R_{z_{np1}} = \varphi \cdot G_{np} \cdot \left(\frac{b_{np}}{L_{np}} + f \cdot \frac{h_{kp} - r_{\delta_{np}}}{L_{np}} - \frac{\dot{V}_n}{g} \cdot \frac{h_{np} - h_{kp}}{L_{np}} \right); \quad (5)$$

$$R_{\delta_{np2}} = \varphi \cdot R_{z_{np2}} = \varphi \cdot G_{np} \cdot \left(\frac{a_{np}}{L_{np}} - f \cdot \frac{h_{kp} - r_{\delta_{np}}}{L_{np}} + \frac{\dot{V}_n}{g} \cdot \frac{h_{np} - h_{kp}}{L_{np}} \right); \quad (6)$$

где: $r_{\delta_{np}}$ – динамический радиус колес прицепа;

G_{np} – общий вес прицепа,

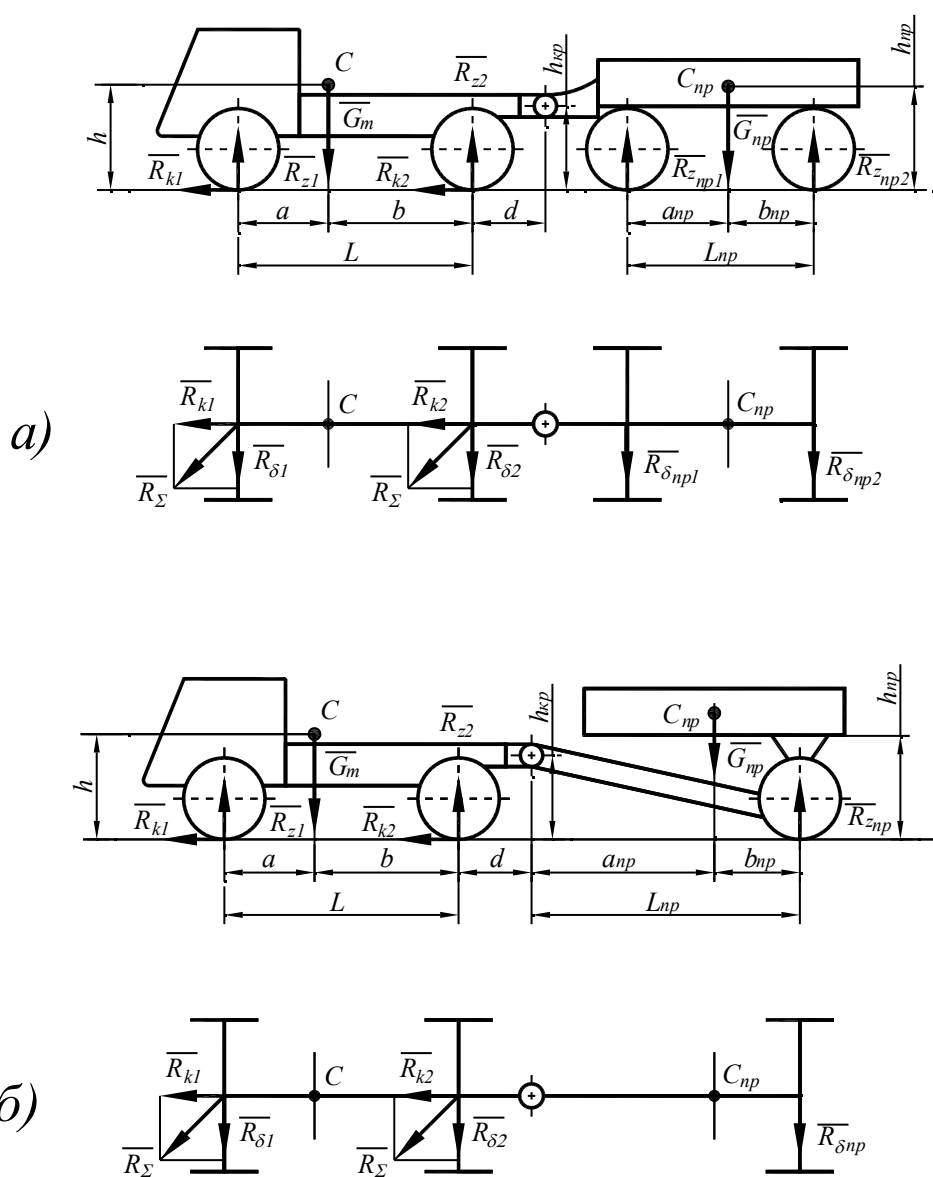


Рис. 1 – Схема сил, действующих на тракторный поезд при всех ведущих мостах трактора:

а) – трактор + прицеп; б) – трактор + полуприцеп

$$G_{np} = m_{np} \cdot g; \quad (7)$$

m_{np} – общая масса прицепа;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

\dot{V}_n – линейное ускорение тракторного поезда

L_{np} – продольная колесная база прицепа;

φ – коэффициент сцепления колес с дорогой.

Предельные боковые реакции на колёсах трактора могут быть определены с помощью круга Камма [1, 2, 3, 4, 5] (см. рис. 1)

$$R_{\delta_1} = \sqrt{\varphi^2 \cdot R_{Z_1}^2 - R_{K_1}^2}; \quad (8)$$

$$R_{\delta_2} = \sqrt{\varphi^2 \cdot R_{Z_2}^2 - R_{K_2}^2}, \quad (9)$$

где: R_{K_1} ; R_{K_2} – суммарные касательные реакции дороги на колесах передней и задней осей трактора;

R_{Z_1} ; R_{Z_2} – суммарные вертикальные реакции дороги на колесах передней и задней осей трактора.

В тяговом режиме движения тракторного поезда

$$R_{K_1} = K_M \cdot P_K - R_{Z_1} \cdot f; \quad (10)$$

$$R_{K_2} = (1 - K_M) \cdot P_K - R_{Z_2} \cdot f, \quad (11)$$

где: P_K – суммарная тяговая сила трактора,

$$P_K = \frac{N_e \cdot K_N \cdot \eta_{mp}}{V_{II}}; \quad (12)$$

N_e – номинальная мощность двигателя;

K_N – коэффициент использования мощности двигателя;

η_{mp} – КПД трансмиссии трактора;

V_{II} – скорость движения тракторного поезда;

f – коэффициент сопротивления качению;

K_M – коэффициент распределения общего крутящего момента на переднюю ось,

$$K_M = \frac{M_{K_1}}{M_{K_1} + M_{K_2}}; \quad (13)$$

M_{K_1} ; M_{K_2} – суммарные крутящие моменты на колесах передней и задней осей.

Суммарные вертикальные реакции на колесах передней и задней осей трактора

$$R_{Z_1} = \frac{m_T \cdot g}{1 - f \cdot \frac{r_{\delta_2} - r_{\delta_1}}{L}} \cdot \left[\frac{b}{L} - f \cdot \left(\frac{m_{np}}{m_T} \cdot \frac{h_{kp}}{L} + \frac{r_{\delta_2}}{L} \right) - \frac{\dot{V}_n}{g} \cdot \left(\frac{h}{L} + \frac{m_{np}}{m_T} \cdot \frac{h_{kp}}{L} \right) \right] + \frac{M_K / L}{1 - f \cdot \frac{r_{\delta_2} - r_{\delta_1}}{L}}; \quad (14)$$

$$R_{Z_2} = \frac{m_T \cdot g}{1 - f \cdot \frac{r_{\delta_2} - r_{\delta_1}}{L}} \cdot \left[\frac{a}{L} + f \cdot \left(\frac{m_{np}}{m_T} \cdot \frac{h_{kp}}{L} + \frac{r_{\delta_1}}{L} \right) + \frac{\dot{V}_n}{g} \cdot \left(\frac{h}{L} + \frac{m_{np}}{m_T} \cdot \frac{h_{kp}}{L} \right) \right] - \frac{M_K / L}{1 - f \cdot \frac{r_{\delta_2} - r_{\delta_1}}{L}}, \quad (15)$$

где: m_T – общая масса трактора;

P_{kp} – усилие на крюке (в соединительном шарнире звеньев тракторного поезда);

h_{kp} – вертикальная координата соединительного шарнира;

$r_{\delta_1}; r_{\delta_2}$ – динамические радиусы передних и задних колес трактора.

После подстановки соотношений (10) и (11) в выражения (8) и (9), последние примут вид

$$R_{\delta_1} = \sqrt{\varphi^2 \cdot R_{Z_1}^2 - (K_M \cdot P_K - f \cdot R_{Z_1})^2}; \quad (16)$$

$$R_{\delta_2} = \sqrt{\varphi^2 \cdot R_{Z_2}^2 - [(1 - K_M) \cdot P_K - f \cdot R_{Z_2}]^2}. \quad (17)$$

Выражение (4) с учётом (5), (6), (16) и (17) примет следующий вид

$$K_{уст}^{II} = \frac{a_{np} \cdot \left(\frac{b_{np}}{L_{np}} + f \cdot \frac{h_{kp} - r_{\delta_{np}}}{L_{np}} - \frac{\dot{V}_n}{g} \cdot \frac{h_{np} - h_{kp}}{L_{np}} \right) + \frac{b \cdot R_{Z_2}}{m_{np} \cdot g} \cdot \sqrt{1 - \frac{f^2}{\varphi^2} \cdot \left[\frac{(1 - K_M) \cdot P_K}{f \cdot R_{Z_2}} - 1 \right]^2}}{b_{np} \cdot \left(\frac{a_{np}}{L_{np}} - f \cdot \frac{h_{kp} - r_{\delta_{np}}}{L_{np}} + \frac{\dot{V}_n}{g} \cdot \frac{h_{np} - h_{kp}}{L_{np}} \right) + \frac{a \cdot R_{Z_1}}{m_{np} \cdot g} \cdot \sqrt{1 - \frac{f^2}{\varphi^2} \cdot \left(\frac{K_M \cdot P_K}{f \cdot R_{Z_1}} - 1 \right)^2}}. \quad (18)$$

При одном заднем ведущем мосту величина $K_M = 0$ и выражение (18) примет следующий вид

$$K_{уст}^{II} = \frac{a_{np} \cdot \left(\frac{b_{np}}{L_{np}} + f \cdot \frac{h_{kp} - r_{\delta_{np}}}{L_{np}} - \frac{\dot{V}_n}{g} \cdot \frac{h_{np} - h_{kp}}{L_{np}} \right) + \frac{b \cdot R_{Z_2}}{m_{np} \cdot g} \cdot \sqrt{1 - \frac{f^2}{\varphi^2} \cdot \left(\frac{P_K}{f \cdot R_{Z_2}} - 1 \right)^2}}{b_{np} \cdot \left(\frac{a_{np}}{L_{np}} - f \cdot \frac{h_{kp} - r_{\delta_{np}}}{L_{np}} + \frac{\dot{V}_n}{g} \cdot \frac{h_{np} - h_{kp}}{L_{np}} \right) + \frac{a \cdot R_{Z_1}}{m_{np} \cdot g} \cdot \sqrt{1 - \frac{f^2}{\varphi^2}}}. \quad (19)$$

При одном переднем ведущем мосту трактора $K_M = 1$. В этом случае

$$K_{уст}^{\Pi} = \frac{a_{np} \cdot \left(\frac{b_{np}}{L_{np}} + f \cdot \frac{h_{кр} - r_{\delta np}}{L_{np}} - \frac{\dot{V}_n}{g} \cdot \frac{h_{np} - h_{кр}}{L_{np}} \right) + \frac{b \cdot R_{z_2}}{m_{np} \cdot g} \cdot \sqrt{1 - \frac{f^2}{\varphi^2}}}{b_{np} \cdot \left(\frac{a_{np}}{L_{np}} - f \cdot \frac{h_{кр} - r_{\delta np}}{L_{np}} + \frac{\dot{V}_n}{g} \cdot \frac{h_{np} - h_{кр}}{L_{np}} \right) + \frac{a \cdot R_{z_1}}{m_{np} \cdot g} \cdot \sqrt{1 - \frac{f^2}{\varphi^2} \cdot \left(\frac{P_K}{\varphi \cdot R_{z_1}} - 1 \right)^2}} \quad (20)$$

Сравнивая между собой выражения (19) и (20), можно сделать вывод о том, что при $K_M = 1$ величина $K_{уст}^{\Pi}$ имеет более высокие значения, чем при $K_M = 0$. Это означает, что тракторный поезд, имеющий только один передний ведущий мост трактора более устойчив, чем в случае одного заднего ведущего моста.

Для определения величины R_{z_1} и R_{z_2} необходимо знать усилие на крюке. В общем случае движения это усилие определяется как

$$P_{кр} = m_{np} \cdot g \cdot \left(f + \frac{\dot{V}_n}{g} \right). \quad (21)$$

Условием устойчивого движения тракторного поезда является обеспечение $K_{уст}^{\Pi} \geq 1$.

Для тракторного поезда в составе трактор + полуприцеп выражения (3) и (4) примут вид

$$M_{ст\delta}^{\Pi} = R_{\delta_2} \cdot b; \quad (22)$$

$$K_{уст}^{\Pi} = \frac{R_{\delta_2} \cdot b}{R_{\delta_1} \cdot a + R_{\delta np} \cdot b_{np}}, \quad (23)$$

где: $R_{\delta np}$ – боковая реакция дороги на колёсах полуприцепа (см. рис 1б),

$$R_{\delta np} = \varphi \cdot R_{z np} = \varphi \cdot m_{np} \cdot g \cdot \frac{\frac{a_{np}}{L_{np}} + \frac{\dot{V}_n}{g} \cdot \frac{h_{np} - h_{кр}}{L_{np}}}{1 + f \cdot \frac{h_{кр} - r_{\delta np}}{L_{np}}}. \quad (24)$$

Вертикальные реакции на колёсах передней и задней оси трактора (см. рис. 1б)

$$R_{z_1} = \frac{M_K}{L \cdot \left(1 - f \cdot \frac{r_{\delta_2} - r_{\delta_1}}{L} \right)} + \frac{m_T \cdot g}{1 - f \cdot \frac{r_{\delta_2} - r_{\delta_1}}{L}} \times$$

$$\times \left\{ \frac{b}{L} - \frac{\dot{V}_n}{g} \cdot \left(\frac{h}{L} + \frac{m_{np}}{m_T} \cdot \frac{h_{kp}}{L} \right) - f \cdot \frac{r_{\partial_2}}{L} - \frac{m_{np}}{m_T} \cdot \left[\frac{d}{L} - \frac{\frac{a_{np}}{L_{np}} + \frac{\dot{V}_n}{g} \cdot \frac{h_{np} - h_{kp}}{L_{np}}}{1 + f \cdot \frac{h_{kp} - r_{\partial np}}{L_{np}}} \cdot \left(\frac{d}{L} - f \cdot \frac{h_{kp}}{L} \right) \right] \right\}; \quad (25)$$

$$R_{Z_2} = - \frac{M_K}{L \cdot \left(1 - f \cdot \frac{r_{\partial_2} - r_{\partial_1}}{L} \right)} + \frac{m_T \cdot g}{1 - f \cdot \frac{r_{\partial_2} - r_{\partial_1}}{L}} \times$$

$$\times \left\{ \frac{a}{L} + \frac{\dot{V}_n}{g} \cdot \left(\frac{h}{L} + \frac{m_{np}}{m_T} \cdot \frac{h_{kp}}{L} \right) + f \cdot \frac{r_{\partial_1}}{L} + \frac{m_{np}}{m_T} \cdot \left[1 + \frac{d}{L} - \frac{\frac{a_{np}}{L_{np}} + \frac{\dot{V}_n}{g} \cdot \frac{h_{np} - h_{kp}}{L_{np}}}{1 + f \cdot \frac{h_{kp} - r_{\partial np}}{L_{np}}} \cdot \left(1 + \frac{d}{L} - f \cdot \frac{h_{kp}}{L} \right) \right] \right\}. \quad (26)$$

Подставляя выражения (16), (17), (24) в уравнение (23) получим после преобразований

$$K_{yсм}^{\Pi} = \frac{b \cdot R_{Z_2} \cdot \sqrt{1 - \frac{f^2}{\varphi^2} \cdot \left[\frac{(1 - K_M) \cdot P_K}{f \cdot R_{Z_2}} - 1 \right]^2}}{\frac{m_{np} \cdot g}{1 + f \cdot \frac{h_{kp} - r_{\partial np}}{L_{np}}} \cdot \left(\frac{a_{np}}{L_{np}} + \frac{\dot{V}_n}{g} \cdot \frac{h_{np} - h_{kp}}{L_{np}} \right) + a \cdot R_{Z_1} \cdot \sqrt{1 - \frac{f^2}{\varphi^2} \cdot \left(\frac{K_M \cdot P_K}{f \cdot R_{Z_1}} - 1 \right)^2}}. \quad (27)$$

При одном заднем ведущем мосту трактора ($K_M = 0$) выражение (27) примет вид

$$K_{yсм}^{\Pi} = \frac{b \cdot R_{Z_2} \cdot \sqrt{1 - \frac{f^2}{\varphi^2} \cdot \left(\frac{P_K}{\varphi^2 \cdot R_{Z_2}} - 1 \right)^2}}{\frac{m_{np} \cdot g}{1 + f \cdot \frac{h_{kp} - r_{\partial np}}{L_{np}}} \cdot \left(\frac{a_{np}}{L_{np}} + \frac{\dot{V}_n}{g} \cdot \frac{h_{np} - h_{kp}}{L_{np}} \right) + a \cdot R_{Z_1} \cdot \sqrt{1 - \frac{f^2}{\varphi^2}}}. \quad (28)$$

При одном переднем ведущем мосту трактора $K_M = 1$ и выражение (27) преобразуется к виду

$$K_{yсм}^{\Pi} = \frac{b \cdot R_{Z_2} \cdot \sqrt{1 - \frac{f^2}{\varphi^2}}}{\frac{m_{np} \cdot g}{1 + f \cdot \frac{h_{kp} - r_{\partial np}}{L_{np}}} \cdot \left(\frac{a_{np}}{L_{np}} + \frac{\dot{V}_n}{g} \cdot \frac{h_{np} - h_{kp}}{L_{np}} \right) + a \cdot R_{Z_1} \cdot \sqrt{1 - \frac{f^2}{\varphi^2} \cdot \left(\frac{P_K}{f \cdot R_{Z_1}} - 1 \right)^2}}. \quad (29)$$

Сравнивая выражения (28) и (29) можно сделать вывод о том, что при одном ведущем переднем мосту устойчивость тракторного поезда, характеризуемая величиной $K_{уст}^{II}$ выше, чем только при одном заднем ведущем мосту.

Полученные аналитические выражения для коэффициента устойчивости тракторного поезда позволяют оценивать устойчивость последнего против заноса не только при включении одного из ведущих мостов (переднего или заднего) трактора, но и при обоих включенных мостах с различным коэффициентом распределения K_M крутящих моментов между мостами.

Оценка устойчивости тракторных поездов на базе трактора ХТЗ-17221.

Исходные для расчёта параметры трактора ХТЗ-17221 приведены в таблице 1, а параметры прицепных звеньев – в таблице 2.

Таблица 1 – Параметры трактора ХТЗ – 17221

Параметр		Значение	Размерность
Общая масса трактора	m_T	8900	кг
Номинальная мощность двигателя	N_e	128,7	кВт
Продольная колесная база	L	2860	мм
Координаты центра масс трактора	a	1060	мм
	b	1800	мм
	h	1095	мм
Координаты точки соединения с прицепом	d	1017	мм
	$h_{кр}$	730*/495**	мм

*) верхнее положение точки соединения; **) нижнее положение точки соединения

Таблица 2 – Параметры прицепа 2ПТС12 и полуприцепа 1ПТС9

Модель прицепа или полуприцепа	Параметр		Значение	Размерность	
Прицеп 2ПТС12	Собственная масса прицепа (эксплуатационная)		$m_{npэ}$	6496	кг
	Грузоподъёмность		q	12000	кг
	База прицепа		L_{np}	4700	мм
	Координаты центра масс прицепа	a_{np}	3135	мм	
b_{np}		1565	мм		
h_{np}		1175	мм		
Полуприцеп 1ПТС9	Собственная масса		$m_{npэ}$	4850	кг
	Грузоподъёмность		q	9000	кг
	База		L_{np}	4915	мм
	Координаты центра масс прицепа	a_{np}	4542	мм	
b_{np}		372	мм		
h_{np}		1228	мм		

Расчёт показателей устойчивости тракторного поезда в составе трактора ХТЗ – 17221 и прицепа 2ПТС12 осуществлялся по формуле (18). По формуле (27) осуществлялся расчёт $K_{уст}^{II}$ для трактора ХТЗ – 17221 с полуприцепом 1ПТС9.

В первом случае суммарные вертикальные реакции на колесах передней и

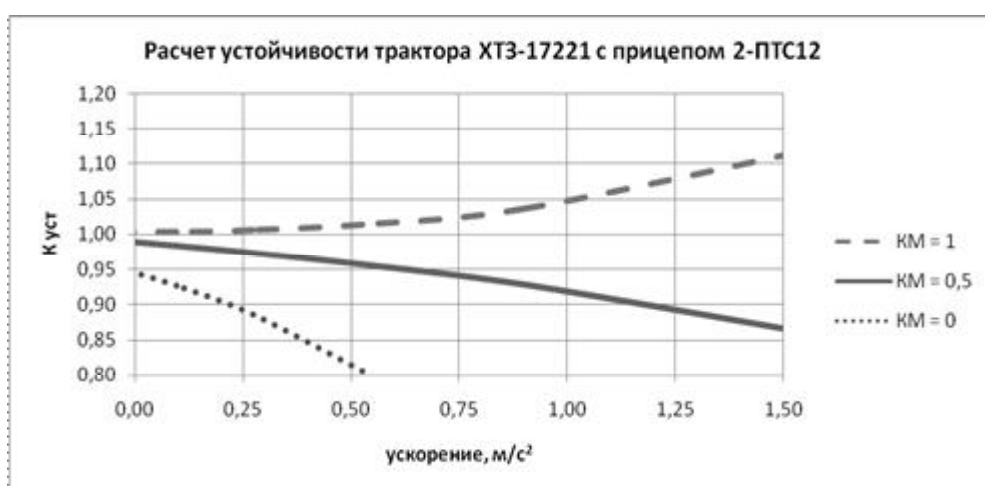
задней осей рассчитывались по формулам (14) и (15), а во втором – по формулам (25) и (26). Тяговая сила на ведущих колесах определялась по следующей зависимости

$$P_K = (m_T + m_{np}) \cdot (f \cdot g + \dot{V}_\Pi) \leq \frac{\eta_{mp} \cdot K_N \cdot N_e}{V_\Pi}. \quad (30)$$

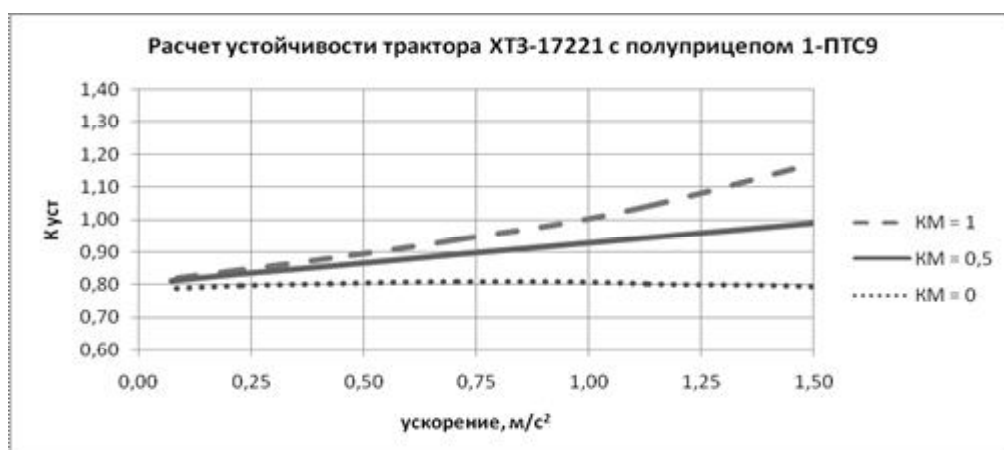
Суммарный крутящий момент на ведущих колесах трактора определялся по следующей зависимости

$$M_K = r_d \cdot (m_T + m_{np}) \cdot (f \cdot g + \dot{V}_T). \quad (31)$$

Расчет устойчивости тракторных поездов на базе трактора ХТЗ-17221 показан на рис. 2-3. Тракторный поезд устойчив при условии $K_{уст} \geq 1$.



а)

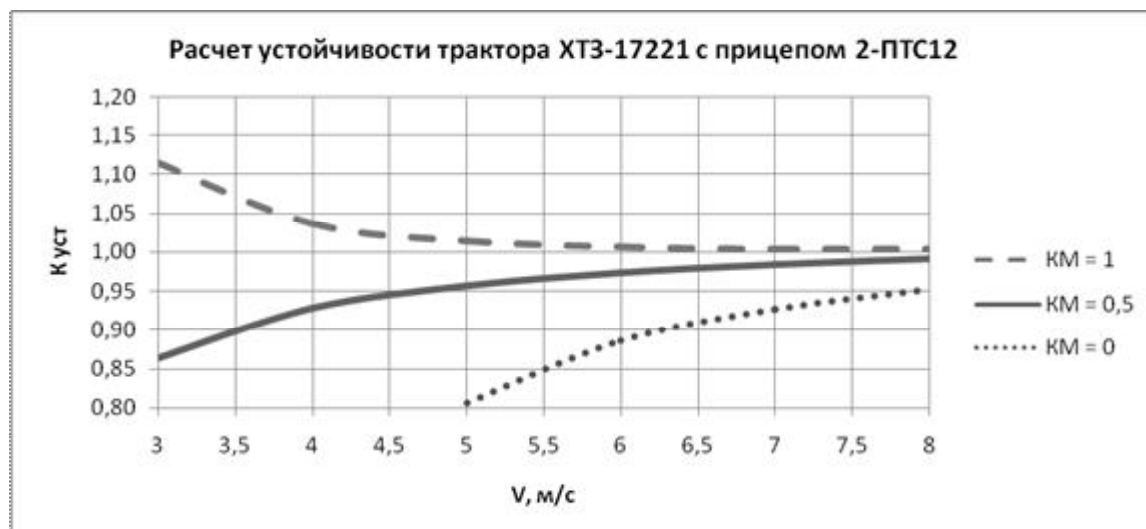


б)

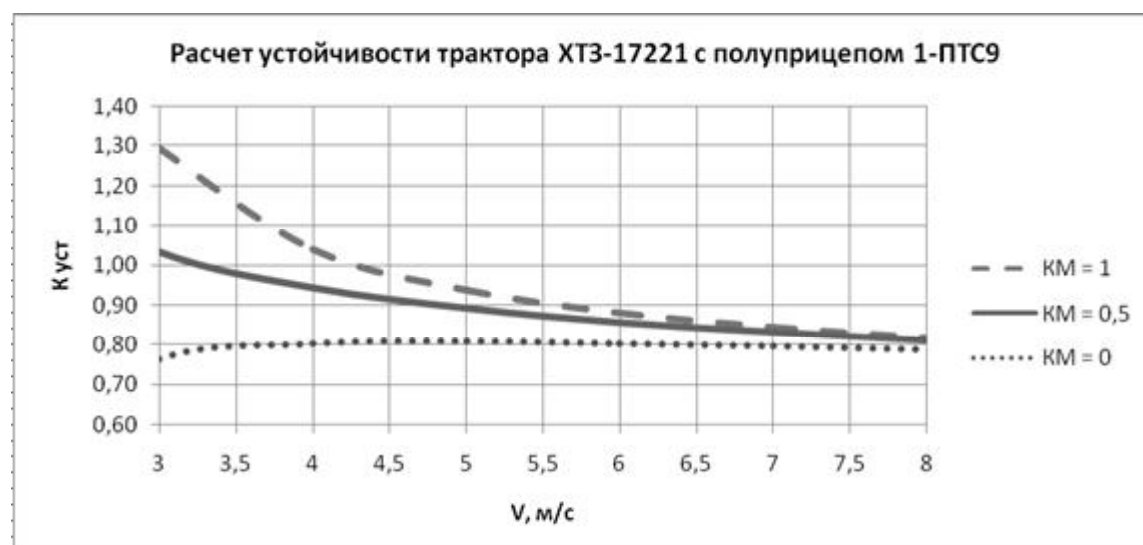
Рис. 2 – Зависимость коэффициента устойчивости от ускорений трактора ХТЗ-17221: а) с прицепом 2-ПТС12; б) с полуприцепом 1-ПТС9

Выводы. Полученные аналитические выражения для коэффициента устойчивости тракторного поезда позволяют оценивать устойчивость последнего против заноса при различном распределении крутящих моментов между мостами трактора.

Анализ графиков влияния ускорений тракторного поезда на коэффициент его устойчивости показал, что при включении только одного переднего ведущего моста трактора обеспечиваются более высокие значения коэффициента устойчивости тракторного поезда, чем при включении только одного заднего ведущего моста. При включении двух ведущих мостов коэффициент устойчивости тракторного поезда больше, чем при включении одного заднего ведущего моста, но меньше, чем при включении одного переднего ведущего моста.



а)



б)

Рис. 3 – Зависимость коэффициента устойчивости от скорости движения трактора ХТЗ-17221: а) с прицепом 2-ПТС12; б) с полуприцепом 1-ПТС9

Для трактора ХТЗ-17221 с прицепом 2-ПТС12 при включении только одного переднего ведущего моста $K_{уст} \geq 1$. При включении двух ведущих мостов или одного заднего ведущего моста $K_{уст}$ указанного тракторного поезда меньше единицы.

С увеличением скорости движения тракторного поезда при включении только одного переднего ведущего моста $K_{уст}$ снижается, а при включении одного заднего ведущего моста $K_{уст}$ увеличивается.

Список использованных источников

1. Чудаков Е.А. Устойчивость автомобиля против заноса / Е.А Чудаков. – М.:Машгиз, 1949. – 193 с.
2. Чудаков Е.А. Устойчивость автомобилей при заносе Е.А. Чудаков. – М. Изд-во АН СССР, 1945. – 144 с.
3. Чудаков Е.А. Боковая устойчивость автомобиля при торможении / Е.А. Чудаков. – М.: Машгиз, 1952. – 183 с.
4. Певзнер Я.М. Исследование движения автомобиля при заносе. Диссертация кандидата технических наук / Я.М. Певзнер. – М.: 1937. – 100 с.
5. Певзнер Я.М. Теория устойчивости автомобиля / Я.М. Певзнер. – М.: Машгиз, 1947. – 156 с.
6. Ясеневиц В.Е. Исследование тракторного поезда, прицеп которого имеет ведущую ось / В.Е. Ясеневиц // Исследование работы тракторного поезда в сельскохозяйственном производстве. Труды НАТИ.–1964. – №175. – с. 3–44.
7. Богдан Н.В. Определение реакций на осях тракторного поезда / Богдан Н.В., Грибко Г.П., Раклей И.С. // Автотракторостроение. – Минск: школа. – 1977. – Вып. 9. – с. 85 – 91.
8. Парфенов А.П. Исследование динамики торможения тракторного поезда / А.П. Парфенов, В.Е. Ясеневиц // Исследование работы тракторного поезда в сельскохозяйственном производстве. Труды НАТИ. – 1964. – №175. – с. 71 – 105.
9. Быков А.С. К вопросу безопасности и эффективности торможения тракторных поездов / А.С. Брыков В.В. Любушкин, Н.А. Свидинский // Тракторы и сельхозмашины – №9. – 1978. – с. 15–17.
10. Рашидов Н.Р. Торможение многозвенных тракторных поездов / Н.Р. Рашидов. Ташкент: Фан, 1978. – 88 с.
11. Динамика автомобиля / [Подригало М.А., Волков В.П., Бобошко А.А., Павленко В.А., Файст В.Л., Клец Д.М., Редько В.В.]; под ред. М.А. Подригало. – Х.: Изд – во ХНАДУ, 2007. – 424с.

Анотація

КУРСОВА СТІЙКІСТЬ ТРАКТОРНОГО ПОЇЗДА ПРИ РІЗНОМУ РОЗПОДІЛІ КРУТНИХ МОМЕНТІВ МІЖ МОСТАМИ

Забелишинський З. Е., Киріченко В.В., Клец Д. М., Подригало М. А.

Проаналізована курсова стійкість тракторного поїзда при різному розподілі моментів, що крутять, між мостами.

Abstract

COURSE STABILITY OF TRACTOR TRAIN AT THE DIFFERENT DISTRIBUTING OF TWISTING MOMENTS BETWEEN THE BRIDGES

Z. Zabelyshinskiy, V. Kirichenko, D. Klec, M. Podrigalo

Course stability of tractor train is analysed at the different distributing of twisting moments between bridges.