

Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – No. 1 (87). – S. 85-90.

7. XAG P100 Agricultural Drone Specs. – URL: <https://www.xa.com/en/p100/p100specs> (data obrashchenia 15.02.2025).

8. The easy-to-use scientifically developed tool to determine actual deposition is already a game changer in agriculture, sign up today! – URL: <https://dropsight.ag/> (data obrashchenia 15.02.2025).



УДК 631.372:631.51

DOI: 10.53083/1996-4277-2025-246-4-75-81

Н.И. Селиванов, А.В. Кузнецов, Н.В. Кузьмин
N.I. Selivanov, A.V. Kuznetsov, N.V. Kuzmin

ФОРМИРОВАНИЕ СЦЕПНОГО ВЕСА КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЧВООБРАБОТКИ

FORMATION OF THE HITCH WEIGHT OF WHEELED TRACTORS FOR TILLAGE TECHNOLOGIES

Ключевые слова: колесный трактор, параметр-адаптер, балластирование, сцепной вес, технологии почвообработки, удельная масса.

Цель работы – обоснование уровня и распределения по осям сцепного веса энергонасыщенных колесных тракторов в составе почвообрабатывающих агрегатов разного типа и технологического назначения. С учетом нормативных требований за основной параметр, определяющий номинальное тяговое усилие и класс трактора, приняты эксплуатационная, с полным балластом, масса и координаты центра, которым соответствуют эксплуатационный вес и центр тяжести, определяющие нормальные в статике реакции почвы на передние и задние колеса. Увеличение сцепного веса трактора до $(0,05-0,16)G_E$ и перераспределение его по осям в режиме рабочего хода, обусловленное воздействием нормальной составляющей тягового сопротивления и веса рабочей машины, классифицировано как дополнительное балластирование. Условием адаптации колесных тракторов 4к4б к режиму рабочего хода при оптимальном центре тяжести (массы) в составе прицепных, полунавесных и навесных почвообрабатывающих агрегатов является обеспечение развесовки по осям в статике, соответственно, $(0,55-0,56)$; $(0,59-0,60)$ и $(0,63-0,65)$. В характерном для тракторов 4к4а интервале для указанных типов агрегатов центр тяжести составляет, соответственно, $(0,40-0,44)$; $(0,42-0,46)$ и $(0,46-0,50)$. Увеличение реакции почвы на колеса и сцепного веса тракторов, обусловленное воздействием нормальной составляющей тягового сопротивления и веса рабочей машины, достигает 5,5-16%. При формировании эксплуатационного веса тракторов целесообразно принять за основу эквиваленту – удельную массу в статике 58,0 кг/кВт с распределением по осям 0,60/0,40 для (4к4б) $(0,40-0,45)$ и (4к4а) для $(0,40-0,45)$. Указанные параметры обеспечивают использование агрегатов в рациональных для технологий скоростных интервалах, снижают до минимума массу съемного балласта, существенно

сокращая затраты времени и средств на подготовку к работе.

Keywords: wheeled tractor, parameter-adaptor, ballasting, hitch weight, tillage technology, specific weight.

The research goal is to substantiate the level and distribution of the hitch weight by the axes of high-powered wheeled tractors as part of tillage units of different types and technological purposes. Taking into account the normative requirements for the main parameter determining the nominal traction force and class of the tractor are taken operational, full ballast mass and the coordinates of the center which corresponds to the weight and the center of gravity which determine the normal static reactions of the soil to the front and rear wheels. The increase of the tractor hitch weight up to $(0.05-0.16)G_E$ and its redistribution along the axes in the working run mode caused by the influence of the normal component of traction resistance and the weight of the working machine is classified as additional ballasting. The condition for adapting 4k4b wheeled tractors to the working run mode with at the optimum center of gravity (mass) as a part of trailed, semi-mounted and mounted tillage units is to provision of weight distribution on the axes in static, respectively: $(0.55-0.56)$; $(0.59-0.60)$ and $(0.63-0.65)$. In the range typical for 4k4a tractors, for these types of units, the center of gravity is respectively: $(0.40-0.44)$; $(0.42-0.46)$ and $(0.46-0.50)$. The increase of soil response to the wheels and the hitch weight of tractors, due to the influence of the normal component of traction resistance and the weight of the working machine, reaches 5.5-16%. When forming the operational weight of tractors, it is advisable to take as a basis the equivalent - specific gravity in statics 58,0 kg/kW with an axle distribution of 0.60/0.40 for (4k4b) $(0.40-0.45)$ and (4k4a) for $(0.40-0.45)$. These parameters ensure the use of units in speed intervals that are rational for technology, reduce the mass of removable ballast to a minimum, significantly reducing the time and money spent on preparation for operation.

Селиванов Николай Иванович, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, г. Красноярск, Российская Федерация, e-mail: zaprudskii@list.ru.

Кузнецов Александр Вадимович, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, г. Красноярск, Российская Федерация, e-mail: kuznetsov1223@yandex.ru.

Кузьмин Николай Владимирович, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, г. Красноярск, Российская Федерация, e-mail: kusmin_nikolai@mail.ru.

Selivanov Nikolay Ivanovich, Dr. Tech. Sci., Prof., Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk, Russian Federation, e-mail: zaprudskii@list.ru.

Kuznetsov Aleksandr Vadimovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk, Russian Federation, e-mail: kuznetsov1223@yandex.ru.

Kuzmin Nikolay Vladimirovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk, Russian Federation, e-mail: kusmin_nikolai@mail.ru.

Введение

Основу формирования инновационного тракторного парка в растениеводстве сельских товаропроизводителей регионов и страны в целом составляют энергонасыщенные колесные 4к4 тракторы отечественного [1, 2] и иностранного [3] производства с регулируемой до начала рабочего процесса в пределах (18-30%) для адаптации к технологиям почвообработки эксплуатационной массой съемным балластом, сдавливанием колес, а также управляемой в процессе рабочего хода их догрузкой нормальной реакцией почвы на опорные колеса орудия с использованием гидросистемы навесного оборудования.

Сущность технологической адаптации трактора номинальной мощности подразумевает полную реализацию потенциальных возможностей на операциях почвообработки разных [4] по энергоемкости групп с установленными скоростными интервалами при использовании в зоне максимального тягового КПД за счет оптимизации величины и распределения по осям эксплуатационной массы (веса), определяющей уровень номинального тягового усилия для комплектования тяговых агрегатов.

Однако проблема технологической адаптации тракторов в условиях производственной эксплуатации за счет оптимизации степени балластирования является актуальной, поскольку рекомендации изготовителей, как правило, носят общий характер, что требует значительных затрат трудовых ресурсов и специальных технических знаний исполнителей.

Цель работы – обоснование уровня и распределения по осям сцепного веса энергонасыщенных колесных тракторов в составе почвообрабатывающих агрегатов разного типа и технологического назначения.

Задачи:

1) установить влияние типа агрегата на статическое распределение эксплуатационного

веса трактора по осям и его уровень в режиме рабочего хода;

2) обосновать основные принципы управления сцепным весом тракторов для адаптации к операциям почвообработки разных по энергоемкости групп.

Объекты и методы исследования

1. С учетом установленных ГОСТ 27021-86 [5] нормативных требований за основной параметр, определяющий номинальное тяговое усилие и класс колесного трактора номинальной мощности $N_{\text{ен}}$, принятая эксплуатационная, с полным балластом, масса m_3 и координатами ее центра с абсциссой $A_u = a_u/L$, которым соответствуют вес $G_3 = m_3 \cdot g$ и центр тяжести $A_{\text{ут}} = A_u$ [6], определяющие нормальные статические реакции почвы на передние $Y_{\text{Пст}}$ и задние $Y_{\text{Кст}}$ колеса.

2. В режиме рабочего хода агрегатов происходит увеличение сцепного веса трактора до $G_{\text{сц}} > G_3$ и перераспределение его по осям $A_{\text{уп}}^* < A_u$ при $G_{\text{сц}} = y_n + y_k$, обусловленное воздействием нормальной составляющей тягового сопротивления $P_{\text{kp}} \sin \gamma_{\text{kp}}$ и веса машины за счет уменьшения реакции почвы y_m на опорные колеса, которое следует классифицировать как дополнительное балластирование для повышения тягово-сцепных свойств.

3. За основной параметр-адаптер трактора к технологиям почвообработки принята [7] удельная, отнесенная к единице реализуемой мощности двигателя $N_{\text{еп}} = \xi_N \cdot N_{\text{ен}}$, масса $m_{\text{уд}}^* = G_{\text{сц}} / N_{\text{еп}} \cdot g$ и ее распределение по осям в номинальном тягово-скоростном режиме $A_{\text{уп}}^*$, уровень которой для операций первой группы при $\varphi_{\text{крн}} = 0,40$ и $V_{H1}^* = 2,50$ м/с с

полным балластом является эталонным $m_{y\vartheta}^* = \eta_{TH} \cdot 10^3 / g \cdot \varphi_{kp} \cdot V_{H1}^*$ (кг/кВт), обеспечивающим соответствующее номинальное тяговое усилие $P_{kp,y\vartheta} = \eta_{TH} / V_{H1}^*$ (кН/кВт).

4. В качестве исходных параметров приняты снаряженная масса $m_0 = G_0 / g$ и абсцисса A_{y0} трактора, определяющие статические нормальные реакции почвы на передние Y_{Pcm0} и задние Y_{Kcm0} колеса, положенные в основу формирования уровня эксплуатационной массы $\lambda_{m\vartheta} = m_{\vartheta}^* / m_0$ и оценки степени балластирования $\lambda_{m\bar{\vartheta}} = m_{\bar{\vartheta}}^* / m_0$ на операциях разных групп:

$$\begin{cases} Y_{Pcm0} = G_0 \cdot A_{y0} = m_0 \cdot g \cdot A_{y0} \\ Y_{Kcm0} = G_0 \cdot (1 - A_{y0}) = m_0 \cdot g \cdot (1 - A_{y0}) \end{cases} \quad (1)$$

Результаты исследования

Особенность функционирования колесных 4к4 тракторов в составе агрегатов разного типа заключается в отсутствии или регулируемом

использовании нормальной составляющей силового воздействия рабочих машин на величину и распределение по осям сцепного веса, которое целесообразно классифицировать как дополнительное балластирования для операционных технологий почвообработки, достигающее $\lambda_{m\bar{\vartheta}max} = 0,25$.

Указанное позволяет обосновать уровень и распределение эксплуатационного веса трактора в статике для реализации современных технологий без существенного его изменения, что устанавливается в технической характеристике.

При установленном номинальном тяговом режиме рабочего хода прицепного агрегата по горизонтальной поверхности нормальные реакции почвы на передние Y_n и задние Y_k колеса трактора с G_3 , с учетом принятых (рис. 1) [8, 9] допущений и оптимальной $A_{yp}^* = a_{yp}^* / L$, определяются по зависимостям:

$$\begin{cases} Y_n = G_3 \cdot A_{yp}^* - P_{kp} \cdot H_{kp} - P_f \cdot \bar{R} = G_{cy} \cdot A_{yp}^*; \\ Y_k = G_3 \cdot (1 - A_{yp}^*) + P_{kp} \cdot H_{kp} + P_f \cdot \bar{R} + P_{kp} \cdot \sin \gamma_{kp} = G_{cy} \cdot (1 - A_{yp}^*); \\ Y_n + Y_k = G_3 \pm P_{kp} \cdot \sin \gamma_{kp} = G_{cy}, \end{cases} \quad (2)$$

где $H_{kp} = h_{kp} / L$; $R = (r_1 + r_2) / L$; $P_{kp} = G_{cy} \cdot \varphi_{kp}$; $P_f = G_{cy} \cdot f$.

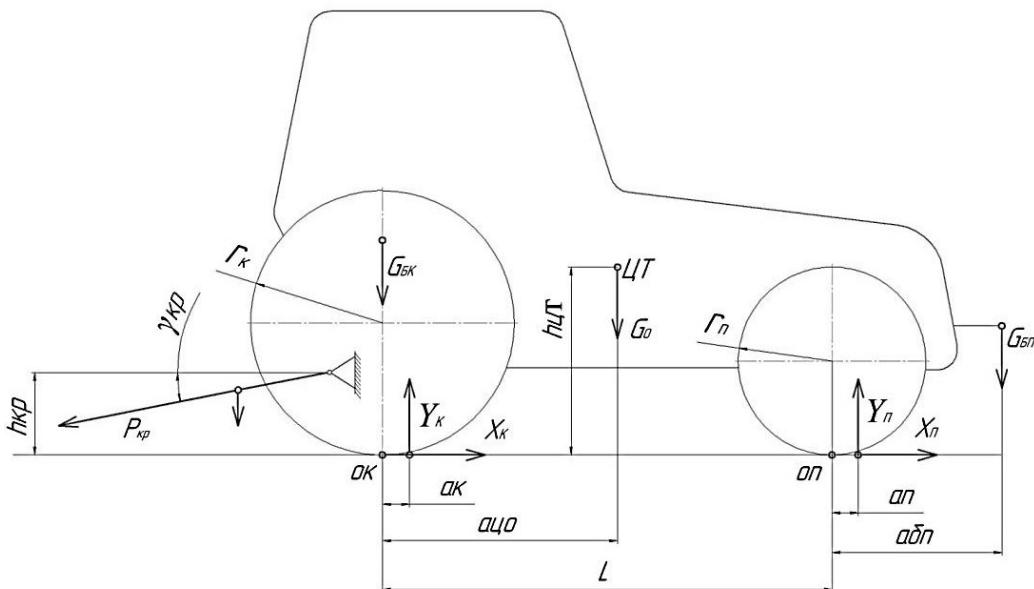


Рис. 1. Схема сил и реакций почвы, действующих на трактор в составе прицепного агрегата ($\alpha = 0$)

Для установленных A_{yp}^* и $\sin \gamma_{kp}$ абсцисса $A_{y\vartheta}$ трактора с G_3 в статике определится как

$$A_{y\vartheta}^* = \frac{G_{cy}}{G_3} [A_{yp}^* + \varphi_{kp} \cdot H_{kp} + f \bar{R}] \quad (3)$$

С учетом соотношения $\lambda G_{cy} = G_{cy} / G_3$.

$$\begin{cases} \frac{G_{cy}}{G_3} = (1 - \varphi_{kp\text{h}} \cdot \sin \gamma_{kp}); \\ A_y^* = [A_{yp} + \varphi_{kp\text{h}} \cdot H_{kp} + f \bar{R}] / (1 - \varphi_{kp\text{h}} \cdot \sin \gamma_{kp}). \end{cases} \quad (4)$$

При $\gamma_{kp} = 0$ догрузки веса трактора тяговым сопротивлением не происходит $G_{cy} = G_3$, поэтому

$$A_y^* = A_{yp}^* + \varphi_{kp\text{h}} \cdot H_{kp} + f \bar{R}. \quad (5)$$

Увеличение сцепного веса трактора за счет вертикальной составляющей тяговой нагрузки $P_{kp\text{h}} = G_3 \cdot \varphi_{kp\text{max}} = G_{cy} \cdot \varphi_{kp\text{h}}$ приводит к повышению рабочей скорости от V_{min} до V_h , обусловленное снижением буксования движителя

$$\lambda V = V_H / V_{min} = \lambda \eta_T / \lambda G_{cy} \cdot \lambda \varphi_{kp}. \quad (6)$$

Силовое воздействие заднего навесного орудия с опорными колесами на нормальные реакции почвы и увеличение сцепного веса трактора (рис. 2) зависят от соотношения [8, 9] нормальной составляющей $R_x \cdot \operatorname{tg} \theta$ результирующей силы R_{pes} , равной сумме реакций рабочих органов R_{ym} и веса машины G_m , приложенной на расстоянии от оси задних колес $L_{op} = l_{op}/L$ и реакции почвы на опорные колеса $Y_m = aR_x \operatorname{tg} \theta$ при $L_m = l_m/L$:

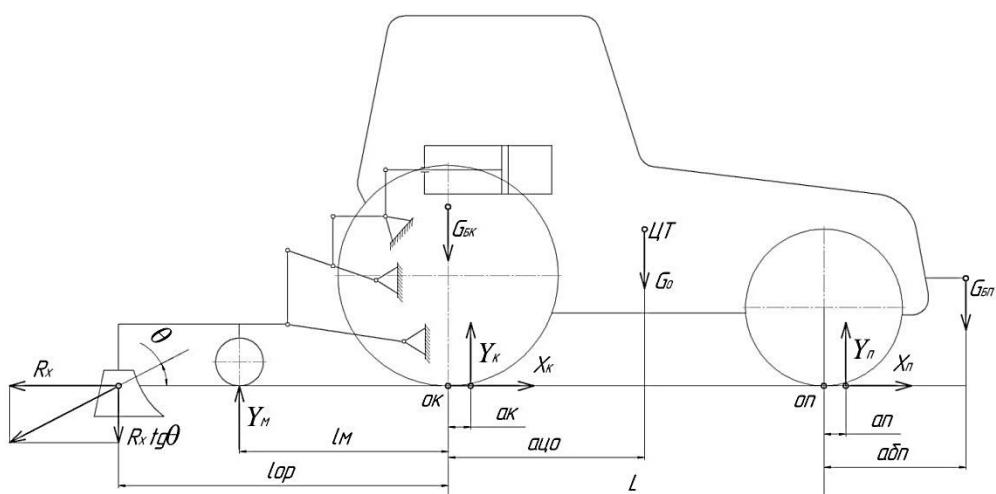


Рис. 2. Схема сил и реакций почвы на навесную машину A_y^* , трактор ($\alpha = 0$)

$$G_{cy} = y_n + y_k = G_3 + R_x \cdot \operatorname{tg} \theta (1 - a). \quad (7)$$

С увеличением Y_m сцепной вес трактора будет уменьшаться до G_3 при $y_m = R_x \cdot \operatorname{tg} \theta$, а с ее снижением возрастать до $G_{cy} = (G_3 + R_x \cdot \operatorname{tg} \theta)$ при $Y_m = 0$.

При суммарной нагрузке агрегата на колеса трактора G_{cy} в режиме рабочего хода распределение нормальных реакций почвы, обеспечивающее A_{yp}^* , определится из уравнений:

$$\begin{cases} Y_\Pi = G_{cy} \cdot A_{yp}^* = G_{cy} \cdot [A_{yp}^* - \varphi_{kp\text{h}} \cdot \operatorname{tg} \theta (L_{op} - aL_m) - f \bar{R}]; \\ Y_K = G_3 \cdot (1 + \varphi_{kp\text{h}} \operatorname{tg} \theta (1 - a) - y_n). \end{cases} \quad (8)$$

Величина A_y^* в статике для G_{cy} выразится как

$$A_y^* = A_{yp}^* + \varphi_{kp\text{h}} \cdot \operatorname{tg} \theta (L_{op} - aL_m) + f \bar{R}. \quad (9)$$

Равенство $R_x \cdot \operatorname{tg} \theta = y_m$ обеспечивает неизменность G_3 в режиме рабочего хода, поскольку нормальная составляющая от нагрузки рабочей машины передается на ее опорные колеса. Соотношение A_y^* и A_{yp}^* при этом аналогично прицепному агрегату. При $R_x \cdot \operatorname{tg} \theta > Y_m \geq 0$ нормальная нагрузка от

машины полностью или частично передается на колеса трактора, увеличивая его эксплуатационный вес до сцепного G_{cy} , соответствующего оптимальному значению для более энергоемкой смежной операции почвообработки с nominalной рабочей скоростью. Указанное позволяет выбрать G_3^* с учетом съемного балласта, обеспечивающего за счет системы позици-

онно-силового регулирования оптимальный диапазон G_{cu}^* для технологий почвообработки разной энергоемкости.

Установленные по результатам моделирования зависимости статической абсциссы A_u^* от ее оптимальных значений A_{up}^* , соответствующих номинальному тяговому режиму трактора в составе почвообрабатывающих агрегатов разного типа (рис. 3а), описываются уравнением:

$$A_u^* = G_{cu}/G_3 (A_{up}^* + 0,06). \quad (10)$$

Наиболее существенное повышение сцепного веса трактора ($\lambda G_{cu} = 1,16$) достигается в составе навесных агрегатов (табл. 1), что позволяет использовать его с установленным G_3

без дополнительного балласта на более энергоемких операциях. Условиям адаптации тракторов 4к4б при $A_{up}^* = 0,50$ является обеспечение развесовки A_u^* в статике: для прицепных – 0,55-0,56 ($\gamma_{kp} = 0$) и 0,59-0,60 ($\gamma_{kp} = 7-9^\circ$); навесных – 0,63-0,65. В характерном интервале $A_{up}^* = 0,34-0,39$ тракторов 4к4а для указанных вариантов агрегатирования $A_u^* = (0,40-0,44); (0,42-0,46) \text{ и } (0,46-0,50)$ соответственно. Повышение рабочей скорости и чистой производительности агрегатов разного типа за счет увеличения сцепного веса трактора достигает 2,0%.

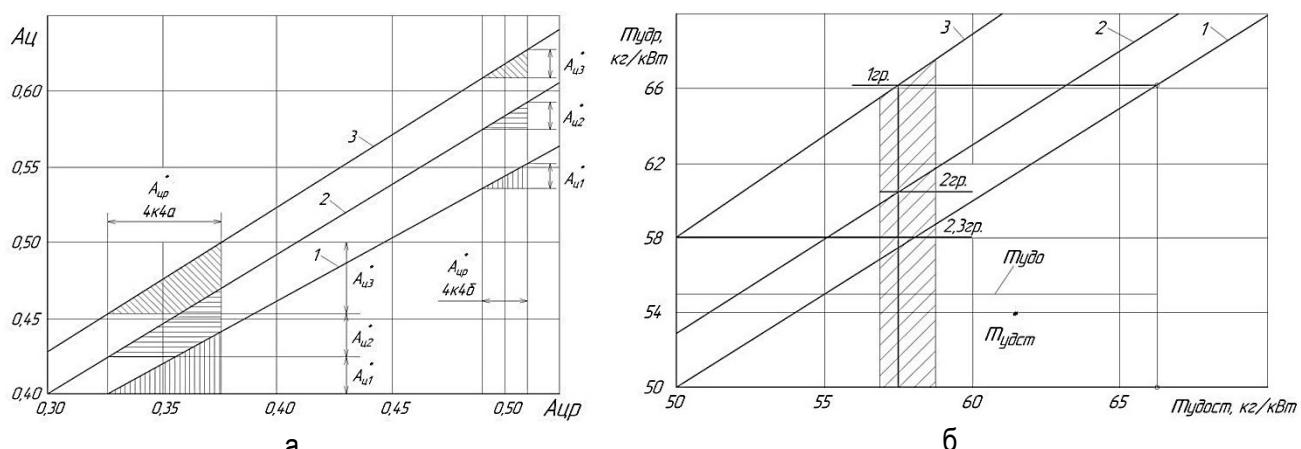


Рис. 3. Зависимости $A_u^* = f(A_{up}^*)$ (а) и $m_{ydp} = f(m_{ydp\ cm})$ (б) колесных тракторов при использовании в составе агрегатов разного типа:
1 – прицепные ($\gamma_{kp} = 0$); 2 – прицепные ($\gamma_{kp} = 7-9^\circ$); 3 – навесные

Таблица 1

Распределения веса по осям колесных 4к4 тракторов в составе агрегатов разного типа

Тип п/о агрегата	λG_{cu}	λV	4к4а		4к4б	
			A_{up}^*	A_u^*	A_{up}^*	A_u^*
1. Прицепной $\gamma_{kp} = 0$	1,00	1,00	0,34-0,38	0,40-0,44	0,50	0,55-0,56
2. Прицепной $\gamma_{kp} = 7-8^\circ$ (полунавесной)	1,055	1,02	0,34-0,38	0,42-0,46	0,50	0,59-0,60
3. Навесной	1,160	1,02	0,35-0,39	0,46-0,50	0,50	0,63-0,65

Установленные соотношения G_{cu} G_3 тракторов в составе агрегатов разного типа определяют соответствующие эквиваленты-значения удельной массы в статике $m_{ydp\ cm} = G_3 / g \cdot N_{ep}$ и режиме рабочего хода $m_{ydp} = G_{cu} / g \cdot N_{ep}$. В составе прицепных агрегатов с $\gamma_{kp} = 0$ значение

ние $m_{ydp\ cm} = m_{ydp} = m_{ydp}^*$ является основным для оценки адаптации трактора к соответствующей группе операций (табл. 2). Для агрегатов с $\gamma_{kp} > 0$ и навесных $m_{ydp}^* = m_{ydp} > m_{ydp\ cm}$.

Для современных энергонасыщенных тракторов удельная снаряженная масса $m_{ydp\ 0} = G_0 / g \cdot N_{ep}$ превышает ее оптимальное

значение на операциях 3-й группы $m_{y\partial 0} > m_{y\partial 3}^*$. При формировании базового значения эксплуатационного веса трактора целесообразно принять $\bar{m}_{y\partial cm} = 58,0 \text{ кг/кВт}$, что позволит снизить до минимума использование и массу съемного балласта $m_{y\partial}$ на операциях разных групп при достижении максимального значения комплексного показателя технологического уровня [10] $K_3 = 1,0$ (рис. 3б).

Тракторы базовой комплектации для операционных технологий всех групп должны иметь $m_{y\partial cm}^* = 58 \pm 1 \text{ кг/кВт}$ с распределением по осям $\lambda_P/\lambda_K = 0,60/0,40$ (4к4б) (0,40-0,45); (0,60-0,55) (4к4а). Указанные параметры обеспечивают использование агрегатов в рациональных для технологий почвообработки скоростных интервалах $(V_{min} - V_{max})_i^*$, существенно уменьшая затраты времени и средств на подготовку тракторов к рабочему процессу.

Таблица 2

Формирование удельной статической и рабочей массы колесных тракторов базовой комплектации для операций почвообработки

Группа операций	V_h^* , м/с	$m_{y\partial}^*$, кг/кВт	Тип агрегата	Составляющие удельной массы $m_{y\partial cm}^*$, кг/кВт						
				$m_{y\partial 0}$	$m_{y\partial B}$	$m_{y\partial op}$	$m_{y\partial cm}$	$m_{y\partial p}$	$(V_{min} - V_{max})_i^*$, м/с	K_3
1	2,50	67,3	1	55,0	12,3	0	67,3	67,3	2,15-2,80	1,0
			2		9,3	3,0	64,3	67,3		
			3		3,0	12,3	58,0	67,3		
2	2,90	58,0	1	55,0	3,0	0	58,0	58,0	2,50-3,25	1,0
			2		0	3,0	55,0	58,0		
3	3,33	52,0	1	55,0	3,0	0	58,0	58,0	2,90-3,35	0,95
			2		0	3,0	55,0	58,0		

Выводы

1. Условием адаптации колесных тракторов 4к4б к режиму рабочего хода при оптимальном центре тяжести (массы) $A_{up}^* = 0,50$ в составе прицепных, полунавесных и навесных почвообрабатывающих агрегатов является обеспечение развесовки по осям в статике A_{up}^* , соответственно, (0,55-0,56); (0,59-0,60) и (0,63-0,65). В характерном для тракторов 4к4а интервале $A_{up}^* = 0,34-0,39$ для указанных типов агрегатов A_{up}^* составляет, соответственно, (0,40-0,44); (0,42-0,46) и (0,46-0,50). Увеличение реакции почвы на колеса и сцепного веса тракторов, обусловленное воздействием нормальной составляющей тягового сопротивления и веса рабочей машины, достигает 5,5 – 16%.

2. При формировании эксплуатационного веса тракторов целесообразно принять за основу эквиваленту – удельную массу в статике $\bar{m}_{y\partial cm} = 58,0 \text{ кг/кВт}$ с распределением по осям $\lambda_P/\lambda_K = 0,60/0,40$ (4к4б) (0,40-0,45);

(0,60-0,55) (4к4а). Указанные параметры обеспечивают использование агрегатов в рациональных для технологий скоростных интервалах, снижают до минимума массу съемного балласта, существенно сокращая затраты времени и средств на подготовку к работе.

Библиографический список

- Тракторы «Кировец» Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию 7M-00.00.010 ИЭ. – URL: [https://autobis.by/doc/doc/Instrukciya_K-7M_NOVAYA_REDAKCIYA_01.09.2021_\(isp%2012.11.21\)-compressed.pdf](https://autobis.by/doc/doc/Instrukciya_K-7M_NOVAYA_REDAKCIYA_01.09.2021_(isp%2012.11.21)-compressed.pdf) (дата обращения: 04.03.2024). – Текст: электронный.
- Руководства Buhler Versatile – URL: Руководство оператора. <https://www.manualslib.com/products/Buhler-Versatile-2375-179750.html>. (дата обращения: 04.03.2024). – Текст: электронный.
- Тракторы Lovol: инструкция по эксплуатации. – URL: <https://lovol.com> (дата обращения: 04.03.2024). – Текст: электронный.

4. Селиванов, Н. И. Технологические свойства колесных тракторов: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.04.06 «Агроинженерия» направленности «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / Н. И. Селиванов. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2019. – 307 с. – EDN AXNUQN. – Текст: непосредственный

5. ГОСТ 27021-86. Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1986. – 14 с. – Текст: непосредственный.

6. ГОСТ 30750-2001. Тракторы сельскохозяйственные. Определение положения центра тяжести. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 6 с. – Текст: непосредственный.

7. Селиванов, Н. И. Рациональные уровни балластирования колесных 4к4а тракторов китайского производства / Н. И. Селиванов, С. В. Грищенко, И. В. Власов. – DOI 10.53083/1996-4277-2024-239-9-77-84. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2024. – № 9 (239). – С. 77-84.

8. Кутков, Г. М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства / Г. М. Кутков. – Москва: Колос, 2004. – 504 с. – Текст: непосредственный.

9. Скотников, В. А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / В. А. Скотников [и др.]. – Москва: Агропромиздат, 1986 – 383 с. – Текст: непосредственный.

10. Потенциальные возможности повышения технологического уровня колесных тракторов высокой мощности / Н. И. Селиванов, А. В. Кузнецов, Н. В. Кузьмин [и др.]. – DOI 10.17816/0321-4443-321774. – Текст: непосредственный // Тракторы и сельхозмашини. – 2023. – Т. 90, № 4. – С. 351-359.

References

1. Traktory "Kirovets" Instruktsiia po ekspluatatsii i tekhnicheskому obsluzhivaniyu 7M-00.00.010 IE. – URL: https://autobis.by/doc/doc/Instrukciya_K-

7M_NOVAYA_REDAKCIYA_01.09.2021_(isp%2012.11.21)-compressed.pdf (data obrashcheniya: 04.03.2024).

2. Rukovodstva Buhler Versatile. – URL: Rukovodstvo operatora. <https://www.manualslib.com/products/Buhler-Versatile-2375-179750.html> (data obrashcheniya: 04.03.2024).

3. Traktory Lovol, instruktsiia po ekspluatatsii. – URL: <https://lovol.com> (data obrashcheniya: 04.03.2024).

4. Selivanov, N.I. Tekhnologicheskie svoistva kolesnykh traktorov: uchebnoe posobie dlia studentov, obuchaiushchikhsia po napravleniiu podgotovki 35.04.06 "Agroinzhenerii" napravlennosti "Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii selskogo khoziaistva" / N.I. Selivanov. – Krasnoiarsk: Krasnoiarskii GAU, 2019. – 307 s.

5. GOST 27021-86. Traktory selskokhoziaistvennye i lesokhoziaistvennye. Tiagovye klassy. – Moskva: IPK Izdatelstvo standartov, 1986. – 14 s.

6. GOST 30750-2001. Traktory selskokhoziaistvennye. Opredelenie polozheniia tsentra tiazhesti. – Moskva: IPK Izdatelstvo standartov, 2002. – 6 s.

7. Selivanov, N.I. Ratsionalnye urovni ballastirovaniia kolesnykh 4k4a traktorov kitaiskogo proizvodstva / N.I. Selivanov, S.V. Grishchenko, I.V. Vlasov // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2024. – No. 9 (239). – S. 77-84. – DOI 10.53083/1996-4277-2024-239-9-77-84.

8. Kutkov, G.M. Traktory i avtomobili. Teoriia i tekhnologicheskie svoistva / G.M. Kutkov. – Moskva: Kolos, 2004. – 504 s.

9. Skotnikov, V.A. Osnovy teorii i rascheta traktora i avtomobilia / V.A. Skotnikov i dr. – Moskva: Agropromizdat, 1986. – 383 s.

10. Potentsialnye vozmozhnosti povysheniia tekhnologicheskogo urovnia kolesnykh traktorov vysokoi moshchnosti / N.I. Selivanov, A.V. Kuznetsov, N.V. Kuzmin [i dr.] // Traktory i selkhozmashiny. – 2023. – T. 90, No. 4. – S. 351-359. – DOI 10.17816/0321-4443-321774.

