

7. Масленникова Г.А. Разработка технологии низкотемпературного вакуумного обезвоживания ягодного сырья: дис. ... канд. техн. наук. – Кемерово, 2013. – 148 с.
8. Ermolaev V.A. 2014. Kinetics of the vacuum drying of cheeses // Foods and Raw Materials. – 2(2). – P. 130–139.
4. Tipsina N.N., Prisuina N.V. Novye izdelija funkcional'nogo naznachenija // Vestnik KrasGAU. – 2015. – № 4. – S. 62–66.
5. Semenov G.V., Budancev E.V., Bulkin M.S. Kachestvo i jenergozatraty v processah vakuumnogo обезvozhivaniya termolabil'nyh materialov // Izv. vuzov. Pishhevaja tehnologija. – 2011. – № 1 (319). – S. 65–68.
6. Ermolaev V.A. Odno-, dvuh- i trehstupenchataja vakuumnaja sushka molochnyh produktov // Sib. vestn. s.-h. nauki. – 2010. – № 5. – S. 100–105.
7. Maslennikova G.A. Razrabotka tehnologii nizkotemperaturnogo vakuumnogo обезvozhivaniya jagodnogo syr'ja: dis. ... kand. tehn. nauk. – Кемерово, 2013. – 148 с.
8. Ermolaev V.A. 2014. Kinetics of the vacuum drying of cheeses // Foods and Raw Materials. – 2(2). – P. 130–139.

Literatura

1. Israilova H. Cheremsha – perspektivnoe netradicionnoe syr'e dlja hlebobulochnyh i muchnyh konditerskih izdelij // Hleboprodukty. – 2011. – № 6. – S. 56–57.
2. Poroshkoobraznyj polufabrikat chereishi: poluchenie i svoystva / G.O. Magomedov, H.A. Israilova, S.I. Lukina [i dr.] // Novoe v tehnike i tehnologii pishhevyy proizvodstv: mat-ly II Mezhdunar. nauch.-tehn. konf. – Voronezh, 2010. – S. 207–209.
3. Magomedov G.O., Shamhanov Ch.Ju., Israilova H.A. Razrabotka tehnologii ispol'zovaniya jekstrakta chereishi



УДК 629.114.2

Н.И. Селиванов, И.А. Васильев

РЕАЛИЗАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ ВЫСОКОЙ МОЩНОСТИ

N.I. Selivanov, I.A. Vasiliev

IMPLEMENTATION OF POTENTIAL OPPORTUNITIES OF HIGH POWER WHEELED TRACTORS

Селиванов Н.И. – д-р техн. наук, проф., зав. каф. тракторов и автомобилей Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: zaprudskii@list.tu

Васильев И.А. – асп. каф. тракторов и автомобилей Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: vasilev@krasagro.ru

Selivanov N.I. – Dr. Techn. Sci., Prof., Head, Chair of Tractors and Cars, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: zaprudskii@list.tu

Vasiliev I.A. – Post-Graduate Student, Chair of Tractors and Cars, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: vasilev@krasagro.ru

Цель работы – обоснование условий оптимальной адаптации колесных 4к4б тракторов высокой мощности к технологиям почвообработки. В основу формирования моделей и алгоритма оптимизации массоэнергетических параметров трактора при использовании в составе тягового почвообрабатывающего агрегата положена методология системного подхода к ступенчатому дифференцированию и рациональному распределению по осям его эксплуатационной массы с учетом установленных условий, показателей и ограничений. По результатам моделирования, с использованием экспериментальных зависимостей буксования движителей и тягового КПД от нагрузки, обоснованы номинальные тяговые режимы и соответствующие им значения удельной массы трактора на одинарных и сдвоенных колесах при неизменных параметрах съемного балласта для каждой группы операций почвообработки. Предложенная система оптимизации параметров за счет дифференциации номинальных тяговых режимов и удельной массы показала возможность и целесообраз-

ность реализации потенциальных возможностей тракторов разной комплектации в зональных технологиях почвообработки с наименьшими затратами. Увеличение на 18–21 % удельной и, соответственно, эксплуатационной массы, за счет рационального балластирования, повысило до 47–48 % номинальное тяговое усилие с переходом трактора в смежный повышенный тяговый класс при снижении выходного энергетического потенциала не более 2,0–2,6 %. Сдваивание колес обеспечило повышение тяговой мощности трактора и потенциальной производительности агрегата на 5,8–7,2 % при двукратном снижении удельного давления на почву.

Ключевые слова: адаптация, алгоритм, балласт, комплектация, технология, трактор, удельная масса.

The purpose of the work is to substantiate the conditions for optimal adaptation of wheeled 4k4b tractors of high power to soil treatment technologies. The methodology of system approach to stepwise differentiation and rational distribution along the axes of its operational mass, taking into account

established conditions, indicators, and limitations, is based on the formation of models and the algorithm for optimizing the mass-energy parameters of the tractor when it is used as part of tractional tillage unit. According to the results of the simulation with using experimental dependencies of propulsive shunting of thrusters and tractive efficiency of the load, nominal traction modes and respective values of specific mass of the tractor on single and double wheels are justified, with invariable parameters of removable ballast for each group of operations of soil cultivation. Suggested system of parameter optimization due to differentiation of nominal traction modes and specific gravity showed the possibility and feasibility of realizing potential capabilities of tractors of different equipment in zonal soil processing technologies with the least cost. 18–21 % increase in specific and, correspondingly, the operational weight, due to rational ballasting, increased to 47–48 % nominal tractive effort with the tractor's transition to adjacent elevated traction class with the reduction in the output power potential of not more than 2.0–2.6 %. Wheels doubling ensured an increase in the traction power of the tractor and the potential capacity of the unit by 5.8–7.2 % with a twofold decrease in specific pressure on the soil.

Keywords: adaptation, algorithm, ballast, equipment, technology, tractor, specific gravity.

Введение. Широкое внедрение ресурсосберегающих технологий обработки почвы (минимальной и нулевой) активизировало российский рынок колесных 4к4б тракторов высокой мощности (240–400 кВт). Доля их продаж за последние пять лет достигла 8,5 % [1], основу которых составили отечественные модели серии К-744Р ЗАО «Петербургский тракторный завод» и Versatile-2375 ООО «Ростсельмаш». Многооперационные почвообрабатывающие комплексы на базе таких тракторов обладают высокой потенциальной производительностью и позволяют существенно сократить количественный состав машинно-тракторного парка основных товаропроизводителей. Однако максимальная их эффективность может быть достигнута только при оптимальном соотношении параметров и режимов рабочего хода тракторов.

Выполнение малоэнергоёмких операций второй и третьей групп (безотвальная, поверхностная и предпосевная обработка почвы, посев по стерне и др.) [1] в интервале рабочих скоростей 2,70–3,80 м/с требует в 1,25–1,75 раза меньшей силы тяги на крюке по сравнению с наиболее энергоёмкими операциями (отвальная вспашка и глубокое рыхление) первой группы при скорости 2,00–2,45 м/с и соответствующего снижения массы трактора. В противном случае значительно увеличиваются затраты мощности и, соответственно, расход топлива на его передвижение. Перемещение одной тонны массы трактора на стерне нормальной влажности со скоростью 3,0–3,5 м/с требует 0,40–0,50 кг/ч дизельного топлива [1, 2]. Поэтому в основу технологической адаптации указанного типа тракторов положено ступенчатое регулирование эксплуатационной массы путем использования жидкого и твердого съёмного балласта, а также сдвигания колес с изменением давления в шинах до начала технологического процесса в установленном интервале рабочих скорос-

стей и применение позиционно-силового регулирования заднего навесного устройства в режиме рабочего хода.

Особая роль при балластировании отводится рациональному распределению веса (массы) по осям трактора для обеспечения равенства нормальных реакций почвы на передние V_{Π} и задние V_K колеса в режиме рабочего хода. Однако рекомендации изготовителей, как правило, не учитывают различие тягово-скоростных режимов использования и особенности агрегатирования тракторов с рабочими машинами разного технологического назначения. Поэтому актуальным является обоснование основных принципов оптимизации и условий распределения массы по осям при использовании трактора 4к4б в технологиях почвообработки.

Цель работы. Обоснование условий оптимальной адаптации колесных 4к4б тракторов высокой мощности к технологиям почвообработки.

Задачи исследования:

1) сформировать модели и алгоритм оптимизации массоэнергетических параметров трактора в составе тягового агрегата;

2) обосновать соотношения удельных показателей технологичности для оптимальной адаптации трактора на одинарных и сдвоенных колесах к технологиям почвообработки;

3) определить эффективность ступенчатого дифференцирования массы и сдвигания колес при эксплуатации трактора.

Условия и методы исследования. Поставленные задачи решали с учетом установленных ранее [2, 3] условий, показателей и ограничений по использованию и балластированию колесных тракторов высокой мощности:

- основной показатель технологичности трактора – удельная масса для разных технологий почвообработки определяется соотношением номинальных значений, рабочей скорости V_{Hi}^* и тягового режима φ_{KPH} в установленном по буксованию диапазоне использования

$$m_{yoi}^* = (\eta_{TH} \cdot 10^3 / g \cdot \varphi_{KPH} \cdot V_H^*)_i ;$$

- базовой комплектации трактора с установленной по ГОСТ 18509-88 эксплуатационной мощностью двигателя

N_{e3} соответствует масса m_0 (вес $G_0 = m_0 \cdot g$) на одинарных (К-744Р3/Р4) или сдвоенных (Versatile-2375) колесах без жидкого и твердого балласта, без топлива в баке, дополнительного оборудования и оператора;

- минимальная эксплуатационная масса m_{30} увеличивается, за счет указанных составляющих без учета массы балласта при заполнении топливных баков на 50 %, до $m_{30} = (1,06 - 1,08)m_0$, которой соответствуют минимальный эксплуатационный вес $G_{30} = m_{30} \cdot g$ и удельная масса m_{y30} ;

- оптимальное распределение эксплуатационного веса $G_3 = m_3 \cdot g$ трактора по осям для обеспечения наилучших показателей тягово-сцепных свойств, управляемости и продольной устойчивости характеризует равенство нормальных реакций почвы на передние и задние ко-

леса в номинальном тяговом режиме равномерного рабочего хода по горизонтальному участку $Y_{П} = Y_{К} = 0,50G_{Э}$;

- практически на всех новых моделях колесных 4к4б тракторов основное регулирование эксплуатационной массы производят установкой разного количества неподвижных балластных грузов на подмоторной и грузовой полурамах (рис. 1).

В основу решения поставленных задач положена методология многоуровневой системы адаптации энергосыщенных тракторов к операционным технологиям почвообработки.

Результаты исследования и их обсуждение. В условиях установившегося режима рабочего хода по горизонтальной

$$\begin{cases} Y_{ПHi} = [m_{Эi}^* \cdot g \cdot a_{ци} - P_{КРHi} \cdot h_{КР} - m_{Эi}^* \cdot g \cdot f \cdot r_{\delta}] / L; \\ Y_{КHi} = [m_{Эi}^* \cdot g \cdot (L - a_{ци}) + P_{КРHi} \cdot h_{КР} \cdot \cos \alpha + m_{Эi}^* \cdot g \cdot f \cdot r_{\delta}] / L + P_{КРHi} \cdot \sin \alpha. \end{cases} \quad (1)$$

или

$$\begin{cases} Y_{ПHi} = m_{Эi}^* \cdot g \cdot [a_{ци} - \varphi_{КРHi} \cdot h_{КР} - f \cdot r_{\delta}] / L; \\ Y_{КHi} = m_{Эi}^* \cdot g \cdot \{ [(L - a_{ци}) + \varphi_{КРHi} \cdot h_{КР} \cdot \cos \alpha + f \cdot r_{\delta}] / L + \varphi_{КРHi} \cdot \sin \alpha \}, \end{cases} \quad (2)$$

где $\alpha = 0 - 10$ град – угол наклона силы тягового сопротивления к поверхности пути.

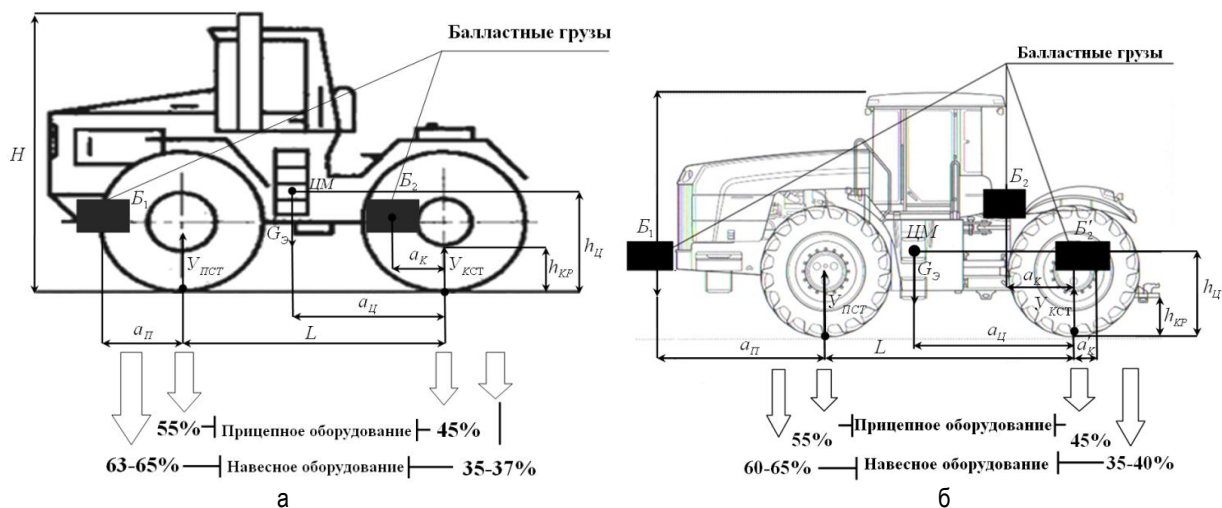


Рис. 1. Балластирование колесных 4к4б тракторов: а – К-744РЗ и К-744Р4; б – Versatile, John Deere, New Holland+Case

Реакцию почвы на колеса неподвижного трактора, свободного от нагрузки на прицепном (навесном) устройстве ($P_{КР} = P_f = 0$), характеризуют статические значения

$$\begin{cases} Y_{ПСТ} = m_{Эi}^* \cdot g \cdot a_{ци} / L; \\ Y_{КСТ} = m_{Эi}^* \cdot g \cdot (L - a_{ци}) / L. \end{cases} \quad (3)$$

горизонтальной поверхности значения реакций $Y_{П}$ и $Y_{К}$ определяются соотношением абсциссы центра масс $a_{ци}$ и продольной базы трактора $L(a_{ци} / L)$, величиной тяговой нагрузки $P_{КР} = \varphi_{КР} \cdot G_{Э}$ и сопротивления передвижению $P_f = f \cdot G_{Э}$, динамическим радиусом ведущих колес r_{δ} и ординатой точки прицепа $h_{КР}$.

В номинальном режиме рабочего хода при $P_{КРHi}$ для каждой группы операций нормальные реакции почвы на передние $Y_{ПHi}$ и задние $Y_{КHi}$ колеса

Характер изменения реакций почвы на передние и задние колеса трактора с разной эксплуатационной массой от тягового усилия при $\alpha = 0$ (рис. 2) определяет условие его эффективного использования в технологиях почвообработки разных групп

$$P_{КРHi} = m_{Эi}^* \cdot g \cdot (a_{ци} - \lambda_{ПР} \cdot L - f \cdot r_{\delta}) / h_{КР}. \quad (4)$$

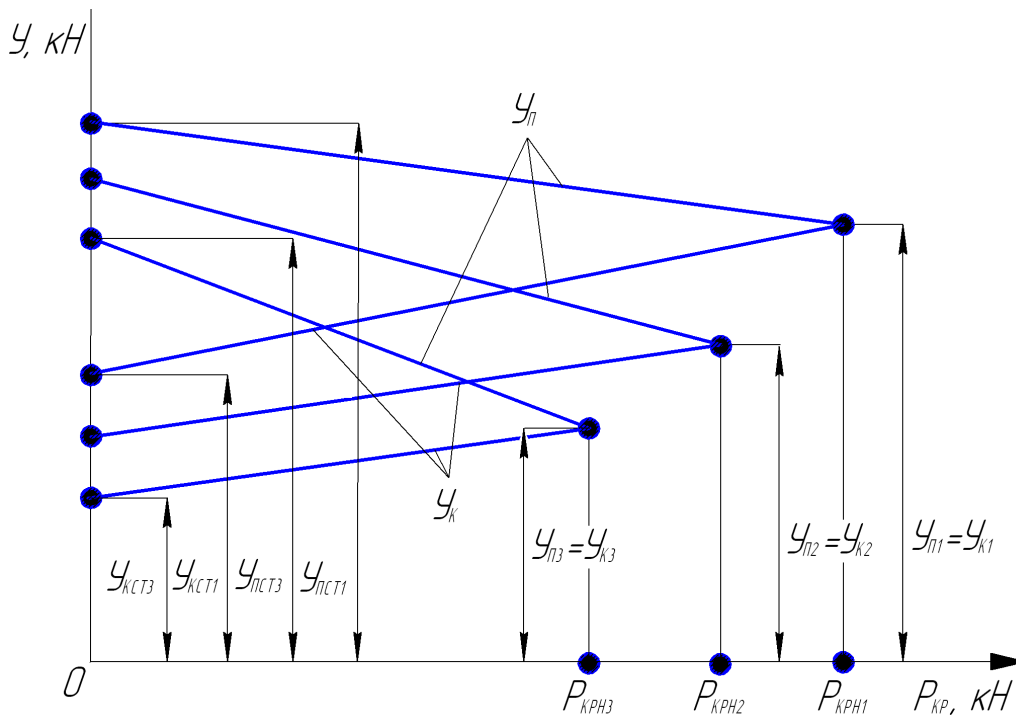


Рис. 2. Зависимости реакций почвы на передние $Y_{п}$ и задние $Y_{к}$ колеса трактора 4к46 при разной степени балластирования

Тогда абсцисса центра масс трактора при оптимальной нагруженности передних и задних колес в номинальном режиме рабочего хода $\lambda_{ПРН} = Y_{пн} / G_{\Sigma} = Y_{кн} / G_{\Sigma} = 0,50$ определится как

$$a_{цi} = 0,5 \cdot L + h_{кР} \cdot \varphi_{кРHi} + f \cdot r_{\partial}. \quad (5)$$

У трактора базовой комплектации с минимальной эксплуатационной массой $m_{\Sigma 0}$ и абсциссой центра $a_{ц0}$ полная масса дополнительного балласта для каждой группы операций $m_{БПi}$ составит

$$m_{БПi} = m_{\Sigma i}^* - m_{\Sigma 0}. \quad (6)$$

Массы переднего $m_{Б1i}$ и заднего $m_{Б2i}$ балластов для получения рекомендуемого веса $G_{\Sigma i}^*$ трактора и рационального распределения его по осям в статике определяются решением уравнений моментов относительно осей передних O_1 и задних O_2 колес с использованием расчетной схемы (рис. 3).

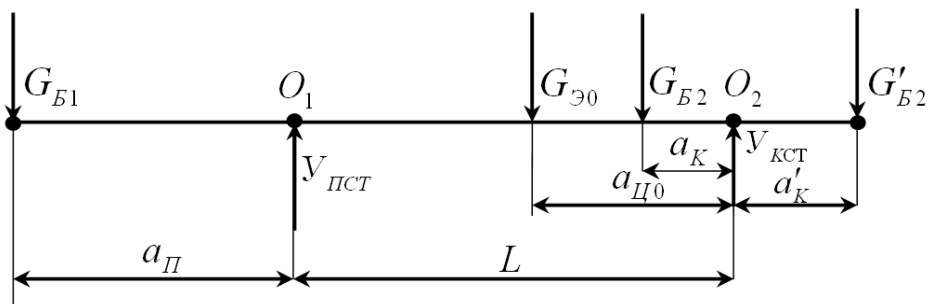


Рис. 3. Расчетная схема определения массы переднего и заднего балластов тракторов 4к46

Без установки балласта $G'_{Б2}$ (Versatile-2375 для прицепного оборудования)

$$\begin{cases} Y_{пСТ} = [G_{Б1} \cdot (L + a_{п}) + G_{\Sigma 0} \cdot a_{ц0} + G_{Б2} \cdot a_{к}] / L; \\ Y_{кСТ} = [G_{\Sigma 0} \cdot (L - a_{ц0}) + G_{Б2} \cdot (L - a_{к}) - G_{Б1} \cdot a_{п}] / L. \end{cases} \quad (7)$$

Обозначив относительные величины абсцисс центра масс, заднего и переднего балластов как $A_{ц0} = a_{ц0} / L$, $A_{ц} = a_{ц} / L$, $A_{п} = (L + a_{п}) / L$, $A_{к} = a_{к} / L$ из уравнений (7) при $\alpha = 0$ получим

$$\begin{cases} m_{B1i}^* = (m_{\Delta i}^* \cdot A_{\Delta i} - m_{\Delta 0} \cdot A_{\Delta 0} - m_{B2i}^* \cdot A_K) / A_{\Pi}; \\ m_{B2i}^* = (m_{\Delta i}^* - m_{\Delta 0} - m_{B1i}^*), \end{cases} \quad (8)$$

при $A_{\Delta i} = 0,5 + (h_{KP} \cdot \varphi_{KPHi} + f \cdot r_{\Delta}) / L$. (9)

Количество $n_{\Gamma i}$ съемных балластных грузов зависит от их массы $m_{\Gamma i}$

$$\begin{cases} n_{\Gamma 1} = m_{B1}^* / m_{\Gamma 1}; \\ n_{\Gamma 2} = m_{B2}^* / m_{\Gamma 2}. \end{cases} \quad (10)$$

При прогнозировании и оптимизации эксплуатационных параметров и степени балластирования колесных тракторов для ресурсосберегающих технологий почвообработки более универсальным является использование основного показателя технологичности – удельной массы $m_{y\Delta}$. В этом случае выражение (8) примет вид

$$\begin{cases} m_{B1y\Delta}^* = (m_{y\Delta}^* \cdot A_{\Delta} - m_{y\Delta 0} \cdot A_{\Delta 0} - m_{B2y\Delta}^* \cdot A_K) / A_{\Pi}; \\ m_{B2y\Delta}^* = (m_{y\Delta}^* - m_{y\Delta 0} - m_{B1y\Delta}^*). \end{cases} \quad (11)$$

Тогда удельная масса трактора на одинарных $m_{y\Delta 1K}^*$ и сдвоенных $m_{y\Delta 2K}^*$ колесах для технологий почвообработки разных групп будет включать соответственно

$$\begin{cases} m_{y\Delta 1K}^* = m_{y\Delta 0,1K} + (m_{B1y\Delta}^* + m_{B2y\Delta}^*)_{1K}; \\ m_{y\Delta 2K}^* = m_{y\Delta 0,2K} + (m_{B1y\Delta}^* + m_{B2y\Delta}^*)_{2K}; \\ m_{K2y\Delta}^* = m_{y\Delta 0,2K} - m_{y\Delta 0,1K}. \end{cases} \quad (12)$$

Удельная масса дополнительного комплекта передних и задних колес указанных моделей тракторов с эксплуатационной мощностью 240–350 кВт составляет [4] $m_{K2y\Delta} = (6,0 - 8,0) \text{ кг/кВт}$, существенно увеличивая $m_{y\Delta 2K}^*$ без изменения абсциссы центра масс A_{Δ} . Условием неизменности количественных и качественных харак-

теристик съемного балласта $m_{B1y\Delta}^*$ и $m_{B2y\Delta}^*$ для операций почвообработки каждой группы на одинарных и сдвоенных колесах является равенство

$$\begin{aligned} m_{K2y\Delta} &= m_{y\Delta 1K} \cdot \left(\frac{\eta_{\Pi 2K} \cdot \varphi_{KPH 1K} - 1}{\eta_{\Pi 1K} \cdot \varphi_{KPH 2K}} - 1 \right) = \\ &= m_{y\Delta 1K} \cdot (\lambda \eta_{\Pi} / \lambda \varphi_{KPH} - 1) \end{aligned} \quad (13)$$

Алгоритм оптимизации эксплуатационных параметров трактора при установленных по технической характеристике значениях $N_{\text{еэ}}, m_{\Delta 0}, L, h_{KP}, f, r_{\Delta}, a_{\Delta 0},$

a_{Π}, a_K включает: установление зависимостей буксования двигателей и тягового КПД трактора от коэффициента использования веса $\eta_T, \delta = f(\varphi_{KP})$; обоснование рационального по буксованию ($\varphi_{KPH \min} - \varphi_{KPH \max}$) и номинального ($\varphi_{KPH \min} - \varphi_{KPH \max}$) значений тягового диапазона, соответствующих номинальным тягово-скоростным режимам использования трактора в интервале ($V_{H \max}^* - V_{H \min}^*$); определение $m_{y\Delta 0}$ и $m_{y\Delta i}$ для технологий почвообработки разных групп и основных комплекций при $m_{K2y\Delta} = \text{idem}$; расчет абсциссы центра масс $a_{\Delta}(A_{\Delta})$; определение удельной массы общего $m_{B y\Delta}^*$, переднего $m_{B1y\Delta}^*$ и заднего $m_{B2y\Delta}^*$ балластов; расчет эксплуатационной массы трактора $m_{\Delta i}^* = m_{y\Delta i}^* \cdot \xi_N \cdot N_{\text{еэ}}$, переднего $m_{B1}^* = m_{B1y\Delta}^* = \xi_N \cdot N_{\text{еэ}}$ и заднего $m_{B2}^* = m_{B2y\Delta}^* = \xi_N \cdot N_{\text{еэ}}$ балластов при оптимальном значении коэффициента использования мощности двигателя ξ_N [1]; комплектование и установка соответствующего балласта.

На основании экспериментальных зависимостей $\eta_T, \delta = f(\varphi_{KP})$ и разработанного алгоритма оптимизации обоснованы тягово-скоростные режимы использования мобильных энергосредств колесной формулы 4к4б с одинарными и сдвоенными колесама для совокупности родственных операций основной обработки почвы разных групп и соответствующие им оптимальные значения удельной массы (табл. 1, рис. 4).

Таблица 1

Рациональные тягово-скоростные режимы и удельные параметры колесных 4к4б тракторов

Группа операций	V_H^* , м/с	Компл.	φ_{KPH}	$m_{y\Delta}^*$, кг/кВт	A_{Δ}^*	$m_{1y\Delta}^*$, кг/кВт	$m_{2y\Delta}^*$, кг/кВт	$V_{H \min}$, м/с	$V_{H \max}$, м/с
1	2,20	1К	0,46	67,7	0,578	39,1	28,6	2,20	2,74
		2К	0,45	73,7	0,571	42,1	31,6	2,20	2,81
2	2,70	1К	0,42	61,1	0,570	34,8	26,3	2,44	3,04
		2К	0,41	67,1	0,565	37,9	29,1	2,41	3,09
3	3,33	1К	0,38	55,7	0,565	31,5	24,2	2,67	3,33
		2К	0,36	62,2	0,560	34,8	27,4	2,60	3,33

Повышению номинальной скорости установившегося режима рабочего хода V_{H1}^* с 2,20 до 3,33 м/с (в 1,51 раза) при обоснованных значениях φ_{KPH} и η_{TH} , независимо от комплектации, соответствует допустимое снижение удельной массы трактора $\lambda m_{y\partial max} = m_{y\partial 1}^* / m_{y\partial 3}^* = 1,21$. Указанное соотношение $\lambda m_{y\partial max}^* = \lambda m_{Э max}^*$ при $m_{y\partial 3}^* \geq m_{y\partial 0}$ и $A_{y0} > A_{y3}^*$

достигается изменением массы переднего $m_{Б1y\partial}^*$ и заднего $m_{Б2y\partial}^*$ балластов.

Сдвигание колес при неизменных φ_{KPHi} увеличивает $m_{y\partial}^*$ в среднем на 5,7 % (3,3–4,0 кг/кВт) за счет снижения потерь на перекачивание и соответствующего повышения тягового КПД трактора.

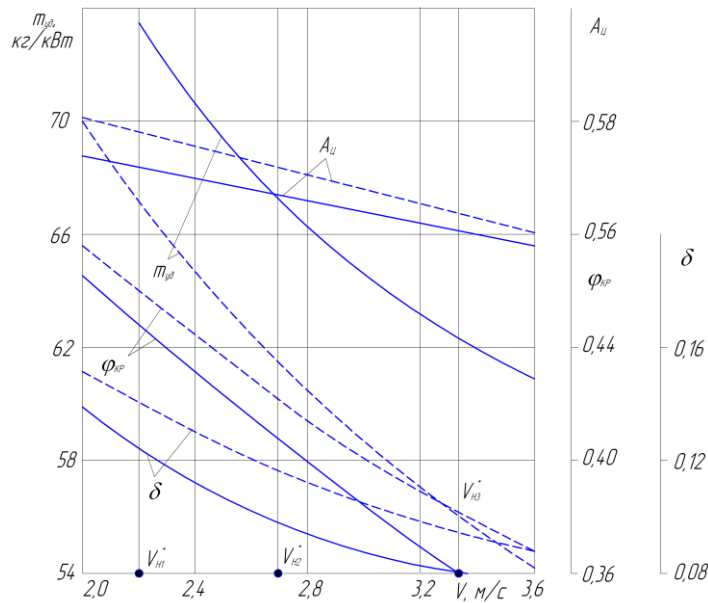


Рис. 4. Рациональные режимы и удельные параметры колесных 4к4б тракторов для технологий почвообработки:

--- — одинарные; — — сдвоенные колеса.

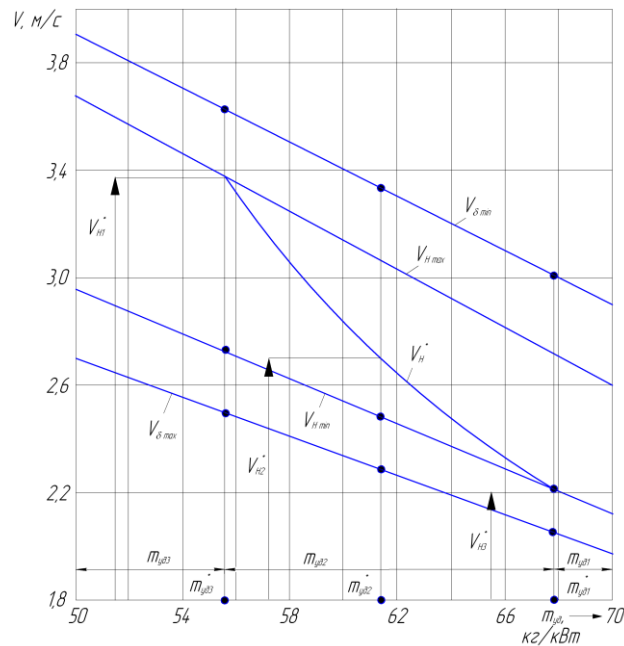


Рис. 5. Зависимости допустимого по буксованию ($V_{dmax} - V_{dmin}$) и номинального ($V_{Hmin} - V_{Hmax}$) интервалов рабочих скоростей от удельной массы колесного 4к4б трактора

Рациональные диапазоны номинальных тяговых режимов при использовании тракторов в зональных технологиях почвообработки зависят от комплектации. При $m_{к2yo}^* = 6,0 - 6,5 \text{ кг/кВт}$ диапазон ($\varphi_{КРН\min} - \varphi_{КРН\max}$) на одинарных (0,38–0,46) и двоярных (0,36–0,45) колесах ограничен буксованием 9,6–14,2 и 7,8–12,4 соответственно. Абцисса центра масс A_y^* , определяющая рациональное распределение m_{yo}^* по осям (m_{1yo}^* и m_{2yo}^*), практически не зависит от ее величины и комплектации трактора.

При установленных ограничениях определены зависимости допустимого по буксованию ($V_{\delta\max} - V_{\delta\min}$) и номинального ($V_{H\min} - V_{H\max}$) интервалов рабочих скоростей от удельной массы трактора (см. табл. 1, рис. 5). С учетом занятости в технологиях почвообработки это позволило рекомендовать m_{yo2}^* как основную при определении эксплуатационной массы трактора на одинарных и двоярных колесах для интервала рабочих скоростей от

2,45 до 3,05 м/с. При рабочих скоростях ниже 2,45 м/с и выше 3,05 м/с следует использовать трактор соответственно с максимальной m_{yo1}^* и минимальной m_{yo3}^* удельной массой.

Предлагаемая система оптимизации режимов работы и параметров колесных тракторов за счет дифференциации удельной массы позволит реализовать их потенциальные возможности в зональных технологиях почвообработки с наименьшими затратами. Увеличение на 18–21 % удельной массы, за счет рационального балластирования, обеспечивает (табл. 2) повышение номинального тягового усилия в 1,47–1,48 раза при минимальном снижении выходного энергетического показателя $N_{КРН}$. Трактор используется при этом в смежном повышенном тяговом классе для энергоемких операций почвообработки первой и второй групп. Сдваивание колес обеспечивает повышение тяговой мощности трактора и, соответственно, потенциальной возможности агрегатов в технологиях почвообработки на 5,8–7,2 % при двукратном снижении удельного давления на почву.

Таблица 2

Соотношение тягово-энергетических показателей колесных 4к4б тракторов при дифференциации удельной массы

Группа операций	λV_H	1К			2К			2К/1К	
		λm_{yo}^*	$\lambda P_{КРН}$	$\lambda N_{КРН}$	λm_{yo}^*	$\lambda P_{КРН}$	$\lambda N_{КРН}$	λm_{yo}^*	$\lambda P_{КРН} (\lambda N_{КРН})$
1	0,661	1,215	1,470	0,974	1,185	1,481	0,981	1,089	1,065
2	0,811	1,097	1,210	0,987	1,078	1,230	1,002	1,098	1,072
3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,117	1,058

Выводы

1. Сформированы модели и разработан алгоритм адаптации колесных 4к4б тракторов высокой мощности к зональным технологиям почвообработки, в основу которых положена оптимизация номинальных тяговых режимов и удельной массы для ступенчатого дифференцирования и рационального распределения по осям эксплуатационной массы.

2. Обоснованы номинальные тягово-скоростные режимы и соответствующие им значения удельной массы тракторов разной комплектации при одинаковых параметрах съемного балласта, обеспечивающие максимальную реализацию их потенциальных возможностей в отличающихся по энергоемкости технологиях.

3. Увеличение на 18–21 % удельной и, соответственно, эксплуатационной массы, за счет рационального балластирования, приводит к возрастанию номинального тягового усилия с переходом трактора в смежный повышенный тяговый класс до 47–48 %. Сдваивание колес обеспечивает повышение тяговой мощности трактора и потенциальной производительности агрегата на 5,8–7,2 % при двукратном снижении удельного давления на почву.

Литература

1. Селиванов Н.И. Технологическая адаптация колесных тракторов / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2017. – 216 с.

2. Селиванов Н.И. Рациональное балластирование энергонасыщенных колесных тракторов разной комплектации // Вестн. КрасГАУ. – 2016. – № 8. – С. 123–129.

3. ГОСТ 4.40-84. Система показателей качества продукции. Тракторы сельскохозяйственные. Номенклатура показателей. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 8 с.

4. Инструкция по эксплуатации 744Р-0000010 ИЭ. Тракторы «Кировец» К-744Р1, К-744Р2, К-744Р3, К-744Р4. – М., 2016.

Literatura

1. Selivanov N.I. Tehnologicheskaja adaptacija kolesnyh traktorov / Krasnojarsk. gos. agrar. un-t. – Krasnojarsk, 2017. – 216 s.

2. Selivanov N.I. Racional'noe ballastirovanie jenergonasyshennyh kolesnyh traktorov raznoj komplektacii // Vestn. KrasGAU. – 2016. – № 8. – S. 123–129.

3. GOST 4.40-84. Sistema pokazatelej kachestva produkcii. Traktory sel'skohozjajstvennyje. Nomenklatura pokazatelej. – M.: Izd-vo standartov, 1984. – 8 s.

4. Instrukcija po jekspluataciji 744R-0000010 IJe. Traktory «Kirovec» K-744R1, K-744R2, K-744R3, K-744R4. – M., 2016.