

2. При одинаковом удельном давлении коэффициент трения коры по стали и резине увеличивается с увеличением влажности. Вода действует на кору как пластификатор, снижая силу сцепления между молекулами, делая кору более эластичной. С увеличением влажности кора делается менее прочной. Это приводит к тому, что при контактировании поверхности коры со сталью микровыступы на ее поверхности более интенсивно подвергаются смятию и срезу (как менее прочные), что увеличивает поверхность трения. Это обстоятельство вызывает увеличение сил и коэффициента трения, причем, чем выше влажность, тем больше коэффициент трения.

3. С увеличением удельной нагрузки коэффициент трения в рассмотренных случаях уменьшается. Это можно объяснить уменьшением деформаций смятия [5]. Известно, что при трении поверхности соприкасаются в отдельных зонах. На границах этих зон возникают значительные напряжения смятия или среза. При увеличении удельной нагрузки размеры зон непосредственного трения увеличиваются. Увеличение контактных зон сопровождается уменьшением доли граничного смятия и среза, что приводит к уменьшению силы и коэффициента трения.

### **Литература**

1. Голышухин А.Д. Разработка вальцового подающего механизма для сучкорезных машин: дис. ... канд. техн. наук. – Химки, 1984. – 210 с.
  2. Селиверстов А.А. Обоснование основных конструктивных параметров харвестерной головки для рукояток промежуточного пользования: дис. ... канд. техн. наук. – Петрозаводск, 2007. – 141 с.
  3. Курицын В.Н. Особенности резания мерзлой древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1975. – 105 с.
  4. Первозванский А.А. Трение – сила знакомая, но таинственная // Соросов. образов. журн. – 1998. – № 2. – С. 129–134.
  5. Боярский М.В. К механике сухого трения // Науч. тр. ЦНИИМОД. – 1969. – С. 37–42.
- 

УДК 629.114.2

**Н.И. Селиванов**

### **ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ ВЫСОКОЙ МОЩНОСТИ**

*В статье представлено обоснование условий функционирования и эксплуатационных параметров колесных 4К4 тракторов высокой мощности в агропромышленном комплексе восточной зоны Сибирского федерального округа.*

**Ключевые слова:** длина гона, технология обработки почвы, производительность агрегата, массоэнергетические параметры трактора.

*N.I. Selivanov*

### **OPERATIONAL PARAMETERS OF HIGH POWER WHEEL TRACTORS**

*The substantiation of the functioning conditions and operational parameters of high power wheel 4K4 tractors in the agroindustrial complex in the Eastern zone of the Siberian Federal district is presented in the article.*

**Key words:** driving length, soil processing technology, aggregate productivity, tractor mass and energetic parameters.

---

**Введение.** В агропромышленном комплексе восточной зоны Сибирского федерального округа 53–57 % площади полей составляют участки размером более 30 га с длиной гона  $l_r > 1000$  м. При выращивании зерновых и кормовых культур используются три вида цельнозамкнутых технологий обработки почвы и посева: традиционная с осенней зяблевой вспашкой; минимальная с посевом по предварительной осенней безотвальной глубокой или поверхностной обработке почвы под зябь; нулевая с одновременной поверхностной обработкой и посевом по стерне. Диапазон изменения энергоемкости выполнения основной обработки почвы различными

многооперационными машинами при этом весьма широк и существенно зависит от качества предварительной подготовки участков, типа рабочих органов, глубины обработки и скоростного режима работы.

Для объективной оценки и снижения затрат ресурсов необходимо обосновать рациональные параметры и режимы рабочего хода почвообрабатывающих агрегатов на родственных операциях каждой из технологий при установленном классе длины гона. Указанное предполагает создание и использование мобильных энергетических средств (МЭС) с изменяющимися в широком интервале массоэнергетическими параметрами, позволяющими подобрать требуемую мощность и эксплуатационную массу в соответствии с условиями работы.

Адаптация тракторов к природным условиям (длина гона) и разным технологиям обработки почвы предполагает знание интервалов изменения этих параметров и возможность их регулирования до начала рабочего хода. Интервалы регулирования зависят от характеристики тягового сопротивления рабочих машин и скоростных режимов родственных операций каждой из установленных групп. Обоснование основных (базовых) значений и интервалов регулирования эксплуатационных параметров тракторов производится на основе многоуровневой системы оптимизации с использованием разработанных математических моделей и алгоритмов [1].

В условиях вероятностного характера тяговой нагрузки главной выходной координатой трактора как динамической системы является скорость рабочего хода, значения которой определяют удельный энергетический потенциал для эффективного функционирования при выполнении технологических операций в составе агрегата.

**Цель исследований.** Обоснование эксплуатационных параметров колесных тракторов для основной обработки почвы в АПК восточной зоны Сибирского федерального округа.

**Задачи исследований.** Обосновать модели адаптации тракторов к природно-производственным условиям; определить соотношения эксплуатационных параметров колесных тракторов для отдельных групп родственных операций основной обработки почвы; установить интервалы регулирования массоэнергетических параметров колесных 4К4 тракторов для зональных технологий почвообработки при длине гона более 1000 м.

**Материалы и методы исследований.** По энергоемкости и техническому обеспечению родственные операции основной обработки почвы разделены [2] на три группы, которые характеризуют удельное тяговое сопротивление при скорости  $V_0=1,4$  м/с  $K_{oi}$ , его приращение в зависимости от скорости  $\Delta K_i$ , коэффициент вариации  $U_{K01}$ , номинальное значение  $V_{Hi}$  и рациональный по энергозатратам и агротребованиям интервал рабочей скорости  $(V_{opt}^* - V_{max}^*)_i$  (табл. 1).

Таблица 1

**Характеристики удельного сопротивления и интервалы рабочих скоростей почвообрабатывающих машин для разных групп родственных операций**

Родственная операция	$\bar{K}_0$ , Н/м	$\Delta \bar{K}$ , $\text{с}^2/\text{м}^2$	$\bar{V}_{K0}$	$(V_{opt}^* - V_{max}^*)_i$ , м/с	$V_H$ , м/с
<b>1-я группа</b> Отвальная вспашка ( $h=0,20-0,25$ м) и глубокое рыхление ( $h=0,40-0,50$ м)	11,0-14,0	0,15	0,10	1,90-2,20	2,20
<b>2-я группа</b> Безотвальная комбинированная обработка, дискование ( $h=0,14-0,18$ м) и чизеливание ( $h=0,20-0,30$ м)	4,7-6,5	0,10	0,07	2,10-2,84	2,45
<b>3-я группа</b> Поверхностная обработка ( $h=0,06-0,12$ м) и посев по нулевой технологии	3,1-5,1	0,06	0,07	2,83-3,83	3,30

В основу оптимальной адаптации (оптимизации) параметров тракторов с механической ступенчатой трансмиссией положено обеспечение чистой производительности агрегатов  $W_i \rightarrow W_i^*$ , установленной по экономическим критериям оптимальности [1] для каждой технологической операции и соответствующего класса длины гона при функционировании в интервале допустимых значений рабочей скорости  $V_{Hi}^* \pm \Delta V_i$  и тяговом диапазоне, соответствующем  $\varphi_{krop} \leq \varphi_{kph} \leq \bar{\varphi}_{kp}$ .

При этом должно соблюдаться общее для всех типов энергомашин соотношение между основными параметрами-адаптерами, определяющее их энергонасыщенность [2]:

$$\Theta = \frac{N_{\text{еэ}}}{m_3} = \frac{g * \varphi_{kp} * V}{\eta_T * \xi \frac{N}{N}}. \quad (1)$$

Влияние длины гона и вида обработки почвы на эксплуатационную мощность  $N_{\text{еэ}}$  и массу  $m_3$  трактора определяется величиной чистой производительности  $W^*$ , характеристиками удельного сопротивления агрегата  $K_0$  и  $\mu_K = [1 + \Delta \bar{K} (V_H^2 - V_0^2)]$ , номинальными значениями рабочей скорости  $V_H^*$ , тягового КПД  $\eta_{TH}$ , коэффициентов использования веса  $\varphi_{kph}$  и мощности двигателя  $\xi \frac{*}{N}$ :

$$N_{\text{еэ}ji} = W_i^* * K_{oi} * \mu_{ki} / \eta_{THj} * \xi \frac{*}{N_j}; \quad (2)$$

$$m_{\text{еэ}ji} = W_i^* * K_{oi} * \mu_{ki} / V_{Hi}^* * \varphi_{kphj} * g. \quad (3)$$

Относительное передаточное число трансмиссии  $i_k$  при установленном динамическом радиусе ведущего колеса  $r_d$  и допустимом буксовании  $\delta_{opt} \leq \delta_H \leq \delta_d$  в номинальном режиме  $(\xi \frac{*}{\omega} * n_H)$  определится как

$$i_{kji}^* = i_{mpji} / r_d = \frac{\pi * n_H * \xi \frac{*}{\omega} (1 - \delta_H)}{30 * V_H^*}. \quad (4)$$

Взаимосвязь буксования и тягового КПД с параметрами тягово-цепных и скоростных свойств  $\delta, \eta_m = f(\varphi_{kp}, V)$  для тракторов 4К4 с одинарными и сдвоенными колесами в установленных тяговом ( $\varphi_{kptmax} - \varphi_{kptmin}$ ) и скоростном ( $V_{opt}^* - V_{max}^*$ ) диапазонах с достаточной для расчетов достоверностью можно аппроксимировать выражениями вида:

$$\begin{cases} \delta_1 = a\varphi_{kp}/(b - \varphi_{kp}); \\ \delta_2 = a(\varphi_{kp} - d)/(b + d - \varphi_{kp}); \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} \eta_{m1} = \eta_{mp} \left\{ \frac{\varphi_{kp}}{\varphi_{kp} + [f_{o1} + c_1(V - V_0)]} \right\} \left[ 1 - \frac{a\varphi_{kp}}{(b - \varphi_{kp})} \right]; \\ \eta_{m2} = \eta_{mp} \left\{ \frac{\varphi_{kp}}{\varphi_{kp} + [f_{o2} + c_2(V - V_0)]} \right\} \left[ 1 - \frac{a(\varphi_{kp} - d)}{(b + d - \varphi_{kp})} \right]. \end{cases} \quad (6)$$

В общем случае при изменении производственных условий и тягово-скоростных режимов работы соотношения потребной мощности и массы трактора определяются из выражения [1]:

$$\lambda_{N_{\text{еэ}}} = \lambda_{W^*} * \lambda_{K_0} * \lambda_{\mu_K} / \lambda_{\eta_{TH}} * \lambda_{\xi \frac{*}{N}}; \quad (7)$$

$$\lambda_{m_3} = \lambda_{W^*} * \lambda_{K_0} * \lambda_{\mu_K} / \lambda_{V_H^*} * \lambda_{\varphi_{kph}}. \quad (8)$$

Если трактор предполагается использовать на родственных операциях обработки почвы одной (превалирующей) группы в составе соответствующих агрегатов, значения  $N_{\text{еэ}}$  и  $m_3$  целесообразно выбирать для интервала  $(V_{opt}^* - V_{max}^*)_i$  этой группы и тягового режима, соответствующего  $\varphi_{kpropt} \leq \varphi_{kph} \leq \bar{\varphi}_{kp} = 0,5(\varphi_{kpropt} + \varphi_{kptmax})$ . В этом случае проблема энергосбережения на разных технологиях почвообработки решается за счет создания и использования типоразмерного ряда тракторов, отличающихся указанными параметрами. Такой подход наиболее рационален при разработке системы машин для отдельных регионов и комплектовании тракторного парка крупных предприятий зернового направления.

Для небольших и средних предприятий, в которых культивируются несколько технологий почвообработки, массоэнергетические параметры можно определить с учетом занятости трактора на этих операциях по времени  $T_i = V_i / W_i^*$ :

$$\begin{cases} \left( \xi \frac{N}{N_{\text{еэ}}} \right)_{ji}^* = \frac{1}{T_0} \sum_1^3 \left( \xi \frac{N}{N_{\text{еэ}}} \right)_{ji}^* * T_i; \\ \bar{m}_{\vartheta j}^* = \frac{1}{T_0} \sum_1^3 \bar{m}_{\vartheta ji}^* * T_i. \end{cases} \quad (9)$$

При известных соотношениях объемов работ по разным технологиям  $V_0 = \sum_1^3 V_i$  и сменной производительности агрегатов для их выполнения

$$T_i = V_i * K_{oi} * \mu_{ki} / \left( \xi \frac{N}{N_{\text{еэ}}} \right)_{ji}^* * \eta_{mhj} * \tau_i. \quad (10)$$

где  $\tau_i = T_p/T_{cm}$  – коэффициент использования времени смены;  $T_0 = \sum_1^3 T_i$ .

Более экономичным вариантом решения проблемы энергосбережения является создание мобильных энергосредств с управляемыми массоэнергетическими параметрами на единой элементно-агрегатной базе, обеспечивающих образование требуемого типоразмерного ряда путём комбинирования мощностью и массой. Величину шага  $\Delta \left( \xi \frac{N}{N_{\text{еэ}}} \right)_{ji}^*$  и общее количество типоразмеров мощностей следует выбирать с учётом конструктивных, экономических и других соображений.

**Результаты исследований и их обсуждение.** В таблице 2 приведены полученные по результатам стендовых и лабораторно-полевых испытаний [3] осредненные значения коэффициентов уравнений (5) и (6), связывающих фактор воздействия  $\varphi_{kp} = P_{kp}/m_{\vartheta} \cdot g$  с буксованием  $\delta$  и тяговым КПД  $\eta_m$  при установленных величинах коэффициента сопротивления перекатыванию  $f$  колесных 4К4 тракторов на стерне колосовых.

Полученные по результатам моделирования зависимости удельного энергетического потенциала  $(\xi \frac{N}{N_{\text{еэ}}})^*$  и эквиваленты эксплуатационной массы  $K_{m\vartheta} = V / (\xi \frac{N}{N_{\text{еэ}}})^* \eta_m$  трактора 4К4 от рабочей скорости (рис. 1) показывают, что повышение номинальной скорости движения от 2,20 до 3,30 м/с в режиме максимального тягового КПД сопровождается ростом  $(\xi \frac{N}{N_{\text{еэ}}})^*$  от 12,68 до 19,32 Вт/кг. Опережающий рост энергонасыщенности обусловлен снижением тягового КПД на 2,4 % из-за увеличения сопротивления качению трактора в указанном скоростном диапазоне. На режиме  $\varphi_{kp} = 0,5(\varphi_{kropt} + \varphi_{krmax})$  указанная закономерность сохраняется. При этом потребный удельный энергетический потенциал увеличивается в 1,07–1,11 раза из-за возрастания  $\varphi_{kp} > \varphi_{kropt}$  и снижения тягового КПД  $\eta_T$ .

Таблица 2  
Осредненные значения показателей оценки тягово-цепных свойств тракторов 4К4

Показатель	На одинарных колесах и основных режимах			На сдвоенных колесах и основных режимах		
	$\eta_{mmax}$	$\delta_d(\varphi_{krmax})$	$\varphi_{kp}$	$\eta_{mmax}$	$\delta_d(\varphi_{krmax})$	$\varphi_{kp}$
$f_o$	0,09	0,09	0,09	0,05	0,05	0,05
с	0,010	0,010	0,010	0,011	0,011	0,011
а	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110
б	0,773	0,773	0,773	0,773	0,773	0,773
д	0	0	0	0,04	0,04	0,04
$\varphi_{kp}$	0,369	0,450	0,410	0,350	0,490	0,410
$\delta$	0,101	0,150	0,124	0,074	0,150	0,101
$\eta_{tr}$	(0,88-0,90)			(0,88-0,90)		
$\eta_m$	0,623-0,636	0,610-0,626	0,620-0,634	0,696-0,714	0,666-0,681	0,690-0,707

Коэффициент использования эксплуатационной массы на обоих режимах в заданном скоростном диапазоне снижается, что обусловлено соответствующим изменением  $\varphi_{kp}$  и  $\eta_T$ . На режиме  $\varphi_{kp}$  эффективность использования эксплуатационной массы выше в 1,10–1,12 раза.

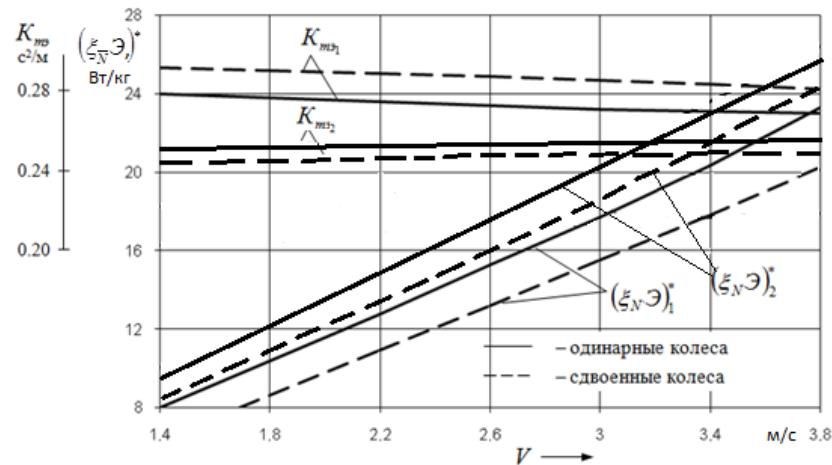


Рис. 1. Зависимость удельного энергетического потенциала  $(\xi_N \mathcal{E})^*$  и эквиваленты эксплуатационной массы  $K_{m3}$  тракторов 4К4 от скорости рабочего хода: 1 – режим  $\eta_{T \max}$ ; 2 – режим  $\bar{\varphi}_{KP}$

Сдвоивание колес с одновременным понижением давления в шинах с 0,14 до 0,10 МПа уменьшает  $(\xi_N \mathcal{E})_{opt}^*$  в среднем на 19 %, а на режиме  $\bar{\varphi}_{KP}$  на 13 %. Расширение рационального тягового диапазона от  $\varphi_{KPop} = 0,35$  до  $\bar{\varphi}_{KP} = 0,41$  сохраняет эффективность использования эксплуатационной массы при  $\bar{\varphi}_{KP}$  и уменьшает на 5,4 % на режиме  $\eta_{T \max}$ .

Приведенные на рис. 2 зависимости энергетического потенциала  $\xi_N N_{e3}$  и эксплуатационной массы  $m_3$  колесных 4К4 тракторов от скорости рабочего хода в интервале  $(V_{opt}^* - V_{max}^*)_i$  для каждой группы родственных операций при значениях  $W_i^*$ , соответствующих длине гона более 1000 м, сохраняют характер изменения  $(\xi_N \mathcal{E})^*$  и  $K_{m3}$ . Их численные значения существенно зависят от величины удельного сопротивления  $K_o$ , коэффициента  $\mu_K$  и скорости движения.

Наименьший диапазон изменения  $\xi_N N_{e3}^*$  и  $m_3^*$ , а также минимальные их значения, характерны для первой группы родственных операций. Для операций второй и третьей групп при  $V_{maxi}^*$  значения  $(\xi_N N_{e3})_{\max}^*$  и  $m_3^*_{\max}$  возрастают в 2,1–2,5 и в 1,57 раза соответственно. Указанные соотношения параметров сохраняются при установке сдвоенных колес.

В таблице 3 приведены значения удельного энергетического потенциала и эквиваленты эксплуатационной массы тракторов 4К4 для номинальных скоростных режимов основных групп родственных операций обработки почвы на одинарных и сдвоенных колесах.

Таблица 3  
Осредненные значения  $(\xi_N \mathcal{E})^*$  и  $K_{m3}$  колесных 4К4 тракторов для номинальных рабочих скоростей основных видов обработки почвы

Комплектация трактора	Группа операций	$V_H$ , м/с	Режим $\eta_{T \max}$		Режим $\bar{\varphi}_{KP} = 0,5(\varphi_{KPop} + \varphi_{KP \max})$	
			$(\xi_N \mathcal{E})^*$ , Bт/кг	$K_{m3}$ , $c^2/M$	$(\xi_N \mathcal{E})^*$ , Bт/кг	$K_{m3}$ , $c^2/M$
Одинарные колеса	1	2,20	12,68	0,276	14,05	0,253
	2	2,45	14,12	0,276	15,90	0,251
	3	3,30	19,32	0,274	21,40	0,248
Сдвоенные колеса	1	2,20	10,64	0,294	12,46	0,249
	2	2,45	11,93	0,290	13,90	0,248
	3	3,30	16,28	0,288	19,00	0,247

Результаты моделирования показали, что для характерной в АПК Красноярского края и равномерной занятости трактора на всех видах обработки почвы в диапазоне  $(\varphi_{krop} - \bar{\varphi}_{kp})$  значения показателей  $(\xi_N \bar{\mathcal{E}})^*$  и  $\bar{K}_{m^2}$  должны находиться в следующих пределах: на одинарных колесах (16,0–16,5) Вт/кг и (0,250–0,275) с<sup>2</sup>/м соответственно, на сдвоенных – (14,0–14,5) Вт/кг и (0,249–0,290) с<sup>2</sup>/м. Для тракторов 4К4б, оснащенных дизелями с коэффициентом приспособляемости  $K_M = 1,28$ –1,40, среднее значение коэффициента использования мощности на почвообработке  $\xi_N^* = 0,93$ –1,03. Тогда их энергонасыщенность  $\bar{\mathcal{E}}^*$  должна составлять (16,5–17,1) Вт/кг на одинарных колесах и (14,4–14,9) Вт/кг – на сдвоенных.

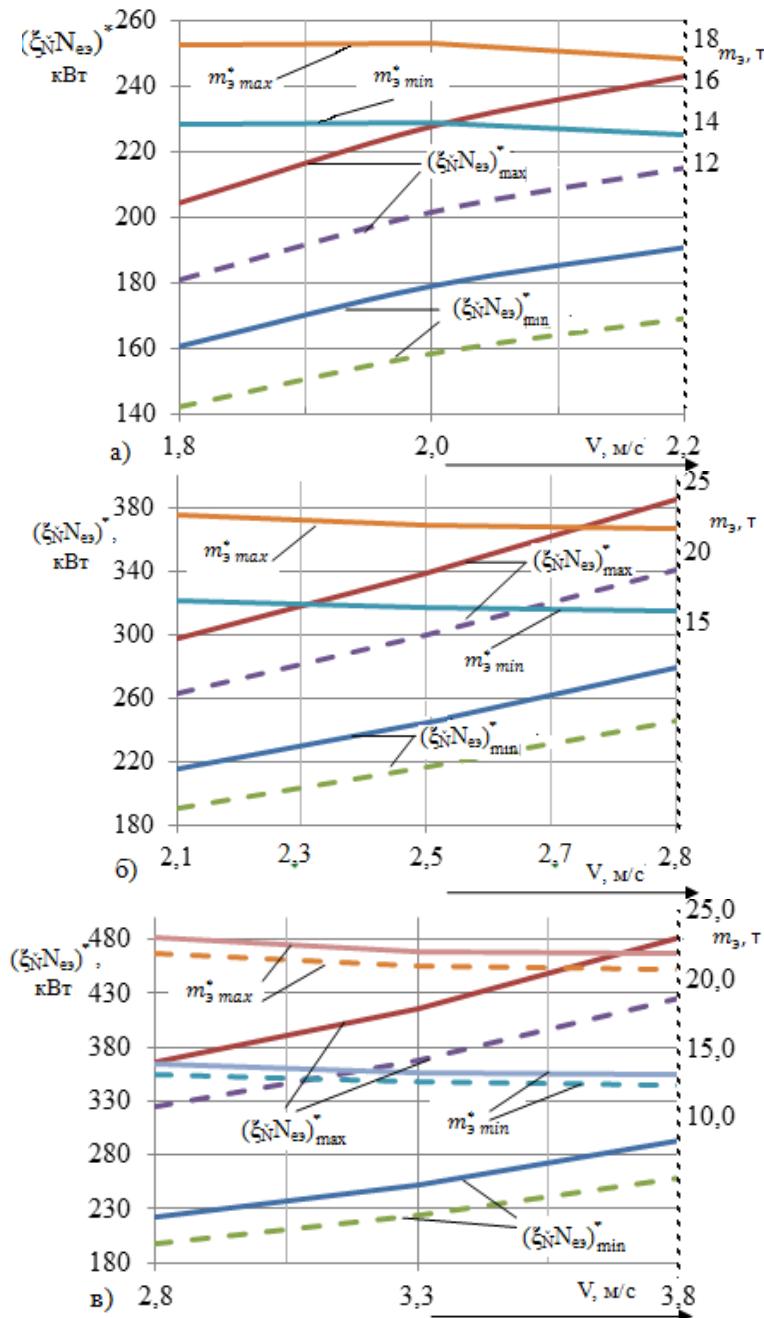


Рис. 2. Массоэнергетические параметры колесных 4К4б тракторов для разных групп родственных операций основной обработки почвы при  $l_g > 1000$  м: а – 1-я группа операций; б – 2-я группа операций; в – 3-я группа операций; — одинарные колеса; - - - - сдвоенные колеса

В таблице 4 приведены расчетные тягово-скоростные режимы работы и соответствующие им потенциальные диапазоны изменения массоэнергетических параметров тракторов 4К46 при удельных сопротивлениях рабочих машин ( $\bar{K}_{0\min} - \bar{K}_{0\max}$ ) для операций основной обработки почвы установленных групп и длине гона  $l_r > 1000$  м. Условием рационального функционирования трактора является использование в ограниченном  $\varphi_{KPOpt}$  и  $\bar{\varphi}_{K}$  тяговом диапазоне при изменении номинальной скорости  $V_H^*$  от минимального до максимального значения.

Таблица 4

**Потенциальные диапазоны изменения массоэнергетических параметров колесных тракторов 4К46 для операций основной обработки почвы установленных групп при  $l_r > 1000$  м**

Группа операций	$(\bar{K}_{0\min} - \bar{K}_{0\max})$ , кН/м	$W^*$ , $\text{m}^2/\text{с}$	$V_H^*$ , $\text{м}/\text{с}$	Комплектация	$\varphi_{KPH}$	$(\xi_{\bar{N}} \mathcal{E})^*$ , $\text{Bm}/\text{кг}$	$(\xi_{\bar{N}} N_{e\omega})^*$ , $\text{kNm}$	$\bar{m}_\omega$ , т
1	11,0-14,0	7,50	2,20	1к	0,41	14,1	191-243	13,5-17,2
				2к	0,41	12,5	169-215	13,5-17,2
2	4,70-6,50	23,14	2,45	1к	0,41	15,9	244-338	15,4-21,3
				2к	0,41	13,9	216-299	15,5-21,5
3	3,10-5,10	32,92	3,30	1к	0,37	19,3	253-416	13,1-21,5
				2к	0,35	16,2	224-368	13,8-22,6

Относительные диапазоны изменения энергетического потенциала  $(\xi_{\bar{N}} N_{e\omega})^* i$  и эксплуатационной массы трактора  $m_{\omega i}^*$  при выполнении родственных операций определяются интервалом варьирования  $\bar{K}_{0i}$  и достигают от 1,28 для первой группы до 1,39 и 1,64 для второй и третьей групп операций соответственно. Рациональные массоэнергетические параметры трактора для каждой группы родственных операций с учётом модульного построения и изменяющейся ширины захвата современных почвообрабатывающих машин можно определить как средневзвешенные или соответствующие приоритетной (основной) операции. Количество установленных групп операций при этом определяет максимальное число типоразмеров тракторов для определенного класса длины гона. Соотношение массоэнергетических параметров трактора для разных групп операций определяется величиной удельного энергетического потенциала  $(\xi_{\bar{N}} \mathcal{E})^*$ , наименьшее значение которого (14,1  $\text{Bm}/\text{кг}$ ) характерно для первой группы, а наибольшее (19,3  $\text{Bm}/\text{кг}$ ) – для третьей. При оснащении трактора с  $(\xi_{\bar{N}} N_{e\omega})^* i = idem$  сдвоенными колесами изменение эксплуатационной массы и номинального тягового усилия определяется из соотношений  $\lambda_{m\omega} = \lambda \eta_{TH} / \lambda \varphi_{KPH}$  и  $\lambda p_{KPH} = \lambda \eta_{TH}$ . Минимальное (13 %) увеличение массы характерно для первой группы операций, а максимальное (19 %) – для третьей при одинаковом повышении на 12–13 % номинального тягового усилия. Осредненные (с учетом занятости) значения эксплуатационной массы и энергетического потенциала тракторов 4К46 на одинарных и сдвоенных колесах для установленных групп родственных операций основной обработки почвы на длине гона  $l_r > 1000$  м (табл. 5, рис. 3) изменяются от 16,8 до 22,7 т и от 237 до 367 кВт.

Таблица 5

**Осредненные значения массоэнергетических параметров колесных 4К46 тракторов для операций основной обработки почвы при  $l_r > 1000$  м**

Группа операций	$K_0$ , кН/м	$V_H$ , м/с	$(\xi_{\bar{N}} N_{e\omega})^*_1$ , кВт	Комплектация	$m_\omega^*$ , т	$P_{KPH}^*$ , кН	Тяговый класс
1	13,65	2,20	237	1к	16,8	67,6	6
				2к	19,0	76,4	8
2	5,80	2,45	302	1к	19,0	76,4	8
				2к	21,7	87,4	8
3	4,50	3,30	367	1к	19,0	69,0	8
				2к	22,7	77,8	8

Использование для каждой группы операций своего типоразмера трактора потребует минимум три типоразмера с нерегулируемыми параметрами, что весьма затруднительно осуществить на практике. Для сокращения количества типоразмеров и достижения максимального соответствия их характеру внешней нагрузки и номинальной скорости необходимо регулирование основных параметров трактора до начала выполнения технологической операции и управление некоторыми из них в процессе рабочего хода [4]. При этом базовые параметры основного типоразмера трактора определяются с учетом занятости на разных видах основной обработки почвы.

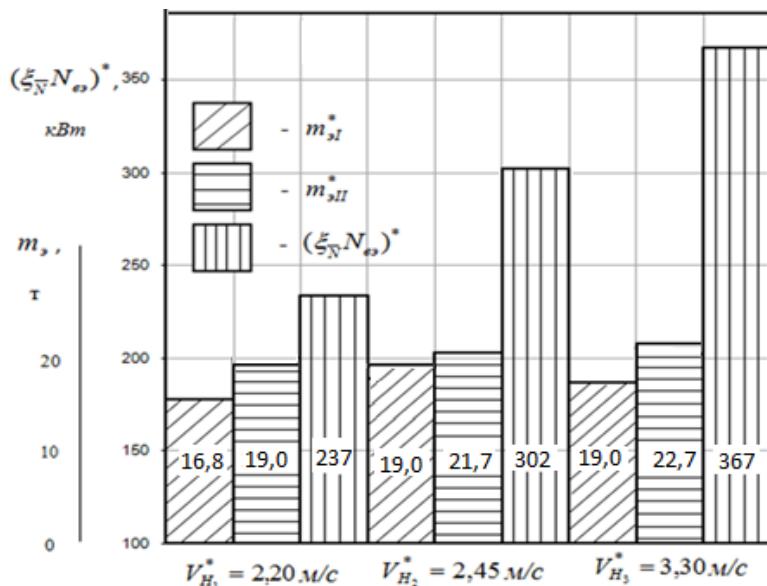


Рис. 3. Осредненные значения массоэнергетических параметров колесных 4К4Б тракторов на одинарных ( $m_{sI}^*$ ) и сдвоенных ( $m_{sII}^*$ ) колесах для установленных групп почвообрабатывающих операций

Для характерного в АПК региона соотношения объемов работ по разным технологиям обработки почвы и соответствующей занятости осредненные значения энергетического потенциала и эксплуатационной массы трактора на одинарных колесах должны составлять при  $l_r > 1000$  м 302 кВт и 18,3 т. На сдвоенных колесах масса трактора возрастает до 21,1 т. При равномерной занятости на операциях 2-й и 3-й групп энергетический потенциал и масса трактора на сдвоенных колесах должны быть повышенены до 335 кВт и 22,2 т. Указанным параметрам соответствуют тракторы 4К4Б «Кировец» К-9450 (325 кВт, 22,5 т) John Deere 9420 и 9530 (317-349 кВт), New Holland T 9.505 (336 кВт, 22,5 т) и Versatile 2435 (324 кВт, 20,0 т).

## Выводы

1. Обоснованы модели оптимальной адаптации колесных 4К4 тракторов к природно-производственным условиям, устанавливающие взаимосвязь их массоэнергетических параметров с оптимальной чистой производительностью почвообрабатывающих агрегатов разного технологического назначения для сложившихся классов длины гона и характеристиками удельного сопротивления рабочих машин при функционировании в интервалах допустимых значений рабочей скорости и буксования.

2. Определены значения показателей оценки тягово-цепных свойств, позволившие установить интервалы изменения удельного энергетического потенциала тракторов для разных групп родственных операций основной обработки почвы на одинарных и сдвоенных колесах.

3. Установлено, что для операций основной обработки почвы на длине гона  $l_r > 1000$  м эффективными являются тракторы 4К4Б с интервалами энергетического потенциала от 191 до 416 кВт и эксплуатационной массы от 13,1 до 21,5 т на одинарных колесах, от 169 до 368 кВт и от 13,5 до 22,6 т – на сдвоенных. Осредненные с учетом занятости значения эксплуатационной массы энергетического потенциала на одинарных и сдвоенных колесах тракторов 4К4Б для установленных групп родственных операций основной обработки почвы на длине гона  $l_r > 1000$  м изменяются от 16,8 до 22,7 т и от 237 до 367 кВт, что соответствует 6 и 8 классам.

4. Для характерного в АПК Красноярского края соотношения объемов работ по разным технологиям обработки почвы и соответствующей занятости средние значения энергетического потенциала и эксплуатационной массы тракторов 4К4Б при длине гона  $l_r > 1000$  м должны составлять 302 кВт и 18,3 т с возможным

балластированием с учетом сдвоенных колес до 21,1 т. При равномерной занятости на операциях минимальной и нулевой технологий обработки почвы энергетический потенциал и масса трактора на сдвоенных колесах должны быть повышенены до 335 кВт и 22,2 т.

### **Литература**

1. Селиванов Н.И. Регулирование эксплуатационных параметров тракторов // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – № 7. – С. 234–237.
2. Селиванов Н.И. Технологические основы адаптации / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2012. – 259 с.
3. Селиванов Н.И., Запрудский В.Н. Рациональное использование тракторов серии К-744Р на основной обработке почвы // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – № 3. – С. 129–135.
4. Селиванов Н.И. Управление режимами рабочего хода трактора на обработке почвы // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – № 10. – С. 206–212.



УДК 630\*372

**By Хай Куан, В.Д. Валяжонков,  
В.Л. Довжик, О.А. Михайлова**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ЧИСЕЛ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА**

В статье приводится исследование влияния передаточных чисел гидромеханических трансмиссий на технико-экономические показатели трелевочного трактора для трактора «Онежец-300» с ГМТ при конкретном природно-производственном условии ( $Q=10 \text{ м}^3, f=0,2, \Psi=0,7$  по рекомендации завода). В качестве критерия эффективности выбраны величина технологической производительности и удельного расхода топлива на кубометр стрелеванной древесины. Результаты проведенного исследования показали, что производительность и удельный расход топлива при выполнении грузового хода существенно зависят от величины передаточного числа механической части гидромеханической трансмиссии. Разработанная методика позволяет определить оптимальные передаточные числа с учётом действительной характеристики двигателя и гидротрансформатора, параметров грунта и объёма трелеваемой пачки.

**Ключевые слова:** лесосечные работы, гидромеханическая трансмиссия, трелевочный трактор, хлыстовая технология, технико-экономические показатели трелевочного трактора.

*Vu Hai Quan, V.D. Valyazhonkov,  
V.L. Dovzhik, O.A. Mikhailov*

### **THE RESEARCH OF THE HYDROMECHANICAL TRANSMISSION REDUCTION RATIOS ON THE SKIDDER TECHNICAL AND ECONOMIC INDICES**

*The research of the influence of the hydromechanical transmissions reduction ratios on the skidding tractor technical and economic indices for the «Onezhets-300» tractor with HMT in particular natural-production condition ( $Q=10 \text{ m}^3, f=0,2, \Psi=0,7$  on the plant recommendation) is presented in the article. The value of the technological performance and specific fuel consumption per cubic meter of skidded wood are chosen as the effectiveness criterion. The results of the conducted research showed that the performance and the specific fuel consumption while performing cargo motion essentially depend on the value of the reduction ratio of the hydromechanical transmission mechanical part. The developed methodology allow to define the optimum reduction ratios taking into account the actual characteristics of the engine and the torque converter, soil parameters and the amount of the skidded pack.*

**Key words:** logging operation, hydromechanical transmission, skidder, whiplash technology, skidder technical and economic indices.

---

**Введение.** Заготовка леса является важнейшей областью экономики страны. В России находится более 20 % его мирового ресурса. В настоящее время существуют два технологических процесса лесосечных работ по хлыстовой и сортиментной технологиям. В структуре хлыстовой технологии лесосечных работ наиболее энергоемким элементом является процесс трелевки заготавливаемой древесины, поэтому повышение произ-