

Литература

1. Марченко Д.Б. Обоснование параметров метантенка // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 3. – С. 64–65.
2. Метаногенез: биохимия, технология, применение / А.З. Миндубаев [и др.] // Ученые записки Казан. гос. ун-та. Естественные науки. – 2010. – Т.152, Кн. 2. – С. 178–191.
3. Новости альтернативной энергетики // Экология и жизнь. – 2008. – №8. – С. 28–29.
4. Осмонов О.М. Особенности параметров метантенка автономной гелиобиоэнергетической установки // Промышленная энергетика. – 2011. – №4. – С. 57–60.
5. Сидьганов Ю.Н. Анаэробная переработка отходов для получения биогаза // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – №6. – С. 42–43.
6. Шеина О.А., Сысоев В.А. Биохимия процесса производства биогаза как альтернативного источника энергии // Вестн. ТГУ. – 2009. – Т.14, Вып.1. – С. 73–76.



УДК 629.114.2

Н.И. Селиванов, В.Н. Запрудский

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ КОЛЕСНЫХ 4К46 ТРАКТОРОВ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Дано обоснование рациональных по критериям ресурсосбережения удельных массоэнергетических параметров колесных тракторов общего назначения с учетом занятости на разных видах почвообработки.

Ключевые слова: *энергонасыщенность, потенциал, вид почвообработки, тяговый КПД, буксование, режим работы.*

N.I. Selivanov, V.N. Zaprudsky

ENERGY POTENTIAL OF THE WHEELED 4K46 GENERAL-PURPOSE TRACTORS

Substantiation of the rational on the resource efficient use criteria, specific mass and energy parameters of the wheeled general-purpose tractors taking into account the occupancy for various kinds of cultivation is given.

Key words: *power ratio, potential, kind of cultivation, propulsive efficiency, slipping, operational mode.*

Введение. Главный критерий технического обеспечения растениеводства – энергоресурсосбережение в технологиях, характеризуемое меньшими затратами мощности и топлива при максимальной производительности с конечной оценкой по себестоимости продукции и рентабельности ее производства. Последние 10–15 лет направлены на достижение этих ориентиров в основном за счет приобретения тяжелых импортных тракторов мощностью до 420–500 кВт (575–675 л.с.) и энергонасыщенностью 17–22 Вт/кг, оснащенных дизельными двигателями с высоким (до 56%) запасом крутящего момента для агрегатирования с ними широкозахватных (до 18 м) почвообрабатывающе-посевных комплексов на повышенных рабочих скоростях. В этом же направлении, с заметным отставанием, действует ЗАО «Петербургский тракторный завод», перешедший на выпуск колесных 4К46 тракторов серии К-744Р и К-9.500 5–8 кл. Их энергонасыщенность в комплектации сдвоенными колесами и максимальным операционным весом достигает 15–16 Вт/кг при запасе крутящего двигателя 30–40%.

С повышением энергонасыщенности тракторов общего назначения особую актуальность приобретает проблема использования их мощности в связи с требованиями ресурсосбережения и экономичности тракторной техники. На современном этапе эти требования вступают во все большее противоречие с возможностями реализации.

Рост энергонасыщенности должен быть ориентирован на реализацию факторов повышения мощности через улучшение показателей технического уровня тракторов. Однако в рамках тяговой концепции это при-

водит к ограничению ее роста. Основными причинами являются:

превышение достигнутого уровня энергонасыщенности новых моделей тракторов потребностями роста рабочей скорости почвообрабатывающих машин и комплексов, особенно для глубокой и отвальной обработки почвы;

ограничение тягово-сцепных свойств тракторов при реализации энергонасыщенности повышением тяговых усилий из-за минимизации конструкционной массы в целях ресурсосбережения.

Поэтому энергонасыщенные тракторы общего назначения серии К-744Р компонованной схемы с шарнирной рамой и колесной формулой 4К46 вполне можно отнести к тракторам тягово-энергетической концепции по следующим характерным признакам:

переменные массоэнергетические параметры, за счет сдвигания колес и установки балластных грузов обеспечивающие их использование с разным номинальным (оптимальным) тяговым усилием при различной комплектации;

неполная реализация мощности двигателя через тяговое усилие по сцеплению при работе в нижней части установленного диапазона рабочих скоростей.

В этой связи важным является предлагаемое ниже обоснование потребного удельного энергетического потенциала тракторов общего назначения при выполнении наиболее энергоемких операций основной обработки почвы.

Цель работы. Обоснование рациональных по критериям ресурсосбережения удельных массоэнергетических параметров колесных 4К46 тракторов для операций основной обработки почвы.

Для достижения поставленной цели предусматривается решение следующих задач:

1) установить взаимосвязь удельных массоэнергетических параметров трактора с тягово-скоростными режимами его использования в составе почвообрабатывающих агрегатов;

2) определить рациональные значения удельного энергетического потенциала трактора с учетом его комплектации и занятости на разных видах основной обработки почвы.

Объект исследования. Взаимосвязь удельных массоэнергетических параметров трактора общего назначения с тягово-скоростными режимами его использования.

Условия и методы исследования. В основу решения поставленных задач положены установленные ранее [1] допущения и ограничения:

1) при возделывании зерновых и кормовых культур в АПК Восточно-Сибирского региона культивируется три вида технологий почвообработки: 1 – традиционная с отвальной вспашкой; 2 – минимальная с глубокой или поверхностной безотвальной обработкой; 3 – нулевая;

2) рациональные (номинальные) рабочие скорости почвообрабатывающих агрегатов по указанным видам технологий V_{Hi}^* из условий ресурсосбережения и агротехнических требований ограничены диапазонами $(V_{\min}^* - V_{\max}^*)_i$: 1,8–1,9 м/с; 1,9–2,4; 2,4–3,4 м/с соответственно;

3) взаимосвязь буксования δ и коэффициента использования веса ϕ_{KP} тракторов серии К-744Р в рабочем диапазоне тяговых нагрузок (при $\delta_{opt} \leq \delta_H \leq \delta_D$) на одноименных почвенных фонах аппроксимируется выражением $\phi_{KP} = b \cdot \delta / (a + \delta)$ при установленных значениях коэффициентов a и b .

Результаты исследования и их анализ. Потребная эксплуатационная мощность тракторного двигателя N_{e3} при установленных функциональных зависимостях буксования движителя и тягового КПД трактора $\delta, \eta_T = f(\phi_{KP})$, известном коэффициенте ее использования ξ_N^* в условиях вероятностной тяговой нагрузки и частичном отборе на привод рабочих органов N_{MOM} / η_{MOM} в тягово-приводном агрегате, определится из уравнения [1]

$$N_{e3i} = \left[\frac{g \cdot m_s \cdot \phi_{KPH} \cdot V_H^*}{\xi_N^* \cdot \eta_{Th}} + \frac{N_{MOM}}{\eta_{MOM}} \right] i. \quad (1)$$

Соотношение оптимальной $N_{эi}^*$ для конкретной или группы родственных операций почвообработки и установленной изготовителем для регламентирующих условий или основной (по занятости) операции $\bar{N}_{эi}$ эксплуатационных мощностей трактора для тягового или тягово-приводного режимов выразится как

$$\text{при } m_{э} = idem \quad \lambda \bar{N}_{э} = \frac{N_{эi}^*}{\bar{N}_{э}} = \left(\frac{N_{эi}^* - N_{МOM}}{\bar{N}_{э}} \right) = \lambda_{mэ} \cdot \lambda \nu^* \lambda \varphi_{KPH} / \lambda \xi_{\bar{N}} \cdot \lambda \eta_T. \quad (2)$$

$$\lambda \bar{N}_{э} = \lambda \nu^* \lambda \varphi_{KP} / \lambda \xi_{\bar{N}} \cdot \lambda \eta_T, \quad (3)$$

где $\lambda_{mэ} = m_{эi} / \bar{m}_{э}$; $\lambda \nu^* = \nu_{Hi}^* / \bar{\nu}_H$; $\lambda \varphi_{KPH} = \varphi_{KPHi} / \bar{\varphi}_{KPH}$; $\lambda \xi_{\bar{N}}^* = \xi_{Ni}^* / \xi_{\bar{N}}^*$; $\lambda \eta_T = \eta_{THi} / \bar{\eta}_{TH}$.

В выражениях относительных коэффициентов числители соответствуют оптимальной мощности $N_{эi}^*$, а знаменатели – установленной $\bar{N}_{э}$.

Соотношение оптимальной эксплуатационной мощности $N_{эi}^*$ для конкретной операции и установленной изготовителем $\bar{N}_{э}$ определяется относительными коэффициентами, характеризующими изменение тяговых (φ_{KP}, η_T), скоростных (V_H^*) и массоэнергетических ($m_{э}, \xi_{\bar{N}}^*$) параметров трактора. Причем величина $\lambda \bar{N}_{э}$ определяет соотношение потребных мощностей трактора, реализуемых через тягу при установленных величинах $N_{МOM}$. Она прямо пропорционально возрастает с повышением сцепных свойств двигателя, эксплуатационной массы, рабочей скорости движения агрегата и уменьшается с ростом оптимального коэффициента использования мощности двигателя $\xi_{\bar{N}}^*$ и тягового КПД трактора.

Для характеристики удельных массоэнергетических показателей мобильного энергетического средства, независимо от природно-производственных условий, параметров рабочих машин и трактора, целесообразно использовать взаимосвязанные эквиваленты, полученные из выражения (2):

$$\begin{cases} \left(\frac{\xi_{\bar{N}} N_{э}}{m_{э}} \right) i = \mathfrak{E}_{\bar{N}} \mathfrak{D} \bar{i} = g \left(\frac{\varphi_{KP} \nu^*}{\eta_T} \right)_{Hi}; \\ K m_{э} i = \mathfrak{I}^* / \eta_T \mathfrak{E}_{\bar{N}} \bar{H} i, \end{cases} \quad (4)$$

а также их соотношения:

$$\begin{cases} \lambda \mathfrak{E}_{\bar{N}} \mathfrak{D} \bar{=} = \lambda \varphi_{KP} \cdot \lambda \nu^* / \lambda \eta_T; \\ \lambda \bar{K}_{mэ} = 1 / \lambda \varphi_{KP}. \end{cases} \quad (5)$$

Полученные по результатам исследования зависимости удельного энергетического потенциала $\mathfrak{E}_{\bar{N}} \mathfrak{D} \bar{=}$ и эквиваленты эксплуатационной массы $K_{mэ}$ трактора 4K46 от рабочей скорости (рис. 1) показывают, что повышение номинальной скорости движения от 1,6 до 3,8 м/с (2,375 раза) в режиме максимального тягового КПД сопровождается ростом $\mathfrak{E}_{\bar{N}} \mathfrak{D} \bar{=}$ от 9,02 до 23,23 Вт/кг (2,575 раза). Определяющий рост энергонасыщенности обусловлен снижением тягового КПД на 3,0% из-за увеличения сопротивления качению трактора в указанном скоростном диапазоне. На режиме допустимого буксования $\delta_D = 0,15$ рост $\mathfrak{E}_{\bar{N}} \mathfrak{D} \bar{=}$ соответствует повышению скоростного режима (2,333 раза) из-за адекватного снижения $\varphi_{KP \max}$ и η_T . При этом потребный удельный энергетический потенциал увеличивается в 1,14–1,26 раза из-за снижения тягового КПД η_{TD} и возрастания коэффициента $\varphi_{KP \max}$ по сравнению с оптимальным режимом, соответствующим $\eta_{T \max}$.

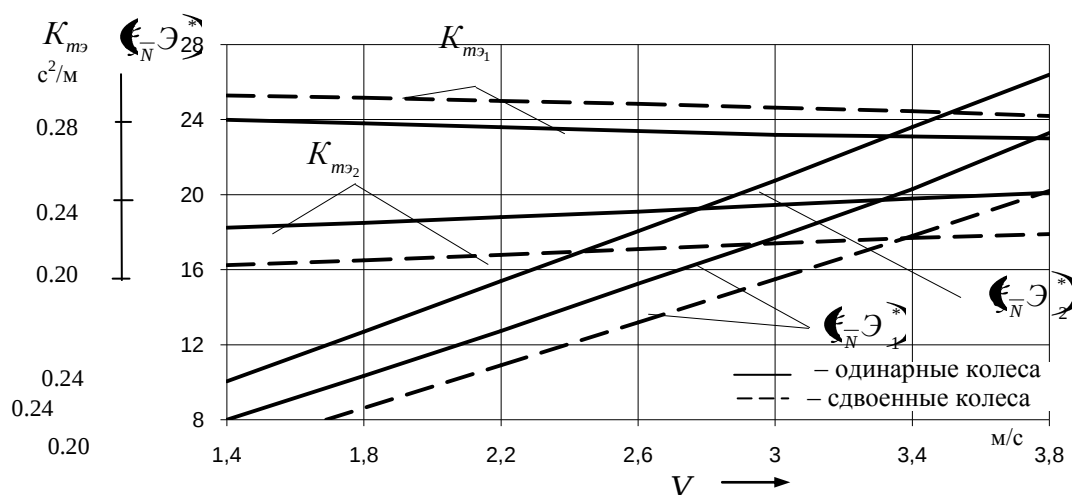


Рис. 1. Зависимость удельного энергетического потенциала $\epsilon_N \mathcal{E}$ и эквиваленты эксплуатационной массы $K_{мэ}$ трактора 4K46 от скорости рабочего хода: 1 – режим η_{Tmax} ; 2 – режим δ_D

Коэффициент использования эксплуатационной массы на режиме η_{Tmax} снижается, а при φ_{KPmax} , наоборот, возрастает в заданном скоростном диапазоне, что обусловлено соответствующим изменением коэффициентов φ_{KPopl} и φ_{KPmax} . На режиме допустимого буксования эффективность использования эксплуатационной массы выше в 1,24–1,37 раза, причем с повышением скорости наблюдается снижение этого преимущества.

Сдвигание колес с одновременным понижением давления в шинах с 0,12 до 0,09 МПа снижает величину $\epsilon_N \mathcal{E}_{opt}$ в среднем на 17%. На режиме допустимого буксования $\epsilon_N \mathcal{E}_{max}$ остается неизменным из-за соотношения $\lambda \varphi_{KPmax} / \lambda \eta_{TД} = 1,0$. Расширение рационального тягового диапазона от $\varphi_{KPopl} = 0,35$ до $\varphi_{KPmax} = 0,49$ увеличивает эффективность использования эксплуатационной массы при допустимом буксовании в среднем на 10,9%, а на режиме η_{Tmax} , наоборот, уменьшает на 5,4%.

В таблице приведены значения удельного энергетического потенциала и эквиваленты эксплуатационной массы тракторов серии К-744Р для оптимальных скоростных режимов основных видов обработки почвы на одинарных и двойных колесах.

Осредненные значения $\epsilon_N \mathcal{E}$ и $K_{мэ}$ для оптимальных рабочих скоростей основных видов обработки почвы

Комплектация тракторов	Вид обработки	$\bar{V}_{opt}$, м/с	Режим η_{Tmax}		Режим δ_D		Режим $\bar{\varphi}_{KP} = 0,5 \varphi_{KPopl} + \varphi_{KPmax}$	
			$\epsilon_N \mathcal{E}$	$K_{мэ}$	$\epsilon_N \mathcal{E}$	$K_{мэ}$	$\epsilon_N \mathcal{E}$	$K_{мэ}$
			Вт/кг	с/м²	Вт/кг	с/м²	Вт/кг	с/м²
Одинарные колеса	1	1,8	10,46	0,279	12,88	0,226	11,70	0,253
	2	2,1	12,20	0,276	15,04	0,229	13,70	0,253
	3	2,8	16,27	0,275	20,05	0,232	18,16	0,254
Сдвоенные колеса	1	1,8	8,52	0,294	12,88	0,204	10,70	0,249
	2	2,1	9,94	0,291	15,04	0,207	12,50	0,249
	3	2,8	13,26	0,290	20,05	0,209	16,70	0,250

Выбор удельных массоэнергетических параметров трактора зависит от его занятости на разных видах основной обработки почвы в течение года. Если трактор предполагается использовать на родственных операциях основной обработки почвы одного (превалирующего) вида в составе соответствующих агрегатов, значения $\epsilon_{\bar{N}}^*$ и $\bar{K}_{мэ}^*$ целесообразно выбирать для $\bar{V}_{opti}^*$ этого вида обработки и тягового режима, соответствующего η_{Tmax} на одинарных колесах и $\varphi_{KPopl} = 0,5 \varphi_{KPopl} + \varphi_{KPoplmax}$ на сдвоенных. В этом случае решается проблема энергосберегающей почвообработки по разным технологиям за счет создания и использования типоразмерного ряда тракторов определенной серии (например, К-744Р), отличающихся указанными показателями, определяющими их эксплуатационные параметры. Такой подход наиболее рационален при комплектовании парка тракторов крупных предприятий зернового направления и разработке системы машин для отдельных регионов.

Для небольших и средних хозяйств, в которых культивируются несколько технологий возделывания зерновых и соответствующие им виды обработки почвы, показатели $\epsilon_{\bar{N}}^*$ и $\bar{K}_{мэ}^*$ можно определить с учетом занятости конкретного трактора или группы тракторов на этих операциях по времени T_i :

$$\begin{cases} \epsilon_{\bar{N}}^* = \frac{1}{T_0} \sum_1^3 \epsilon_{\bar{N}}^* \cdot T_i; \\ \bar{K}_{мэ}^* = \frac{1}{T_0} \sum_1^3 \bar{K}_{мэ}^* \cdot T_i, \end{cases} \quad (6)$$

где T_0 , T_i – общая годовая занятость трактора на почвообработке и на работе по конкретной технологии соответственно, 4 (часов).

При известных соотношениях объемов работ по разным технологиям $\sum_1^3 V_i = V_0$ и сменной производительности соответствующих им агрегатов:

$$\begin{cases} T_i = \frac{V_i \cdot K_{0i} \cdot E_{Ki}}{\epsilon_{\bar{N}}^* \cdot i \cdot m_{эi} \cdot \tau_i}; \\ T_0 = \sum T_i, \end{cases} \quad (7)$$

где K_{0i} – удельное сопротивление рабочей машины, кН/м; $E_K = \mu_K / \eta_T$ – эквивалента удельных энергозатрат; $\tau = T_P / T_{CM}$ – коэффициент использования времени смены.

На рисунке 2 представлено соотношение объемов работ (площадей) по видам технологий основной обработки почвы в АПК Красноярского края. Превалирующей (55%) является минимальная технология с глубокой (0,14–0,16 м) безотвальной обработкой и чизелеванием (0,20–0,30 м) почвы. Поверхностная комбинированная обработка ($h=0,08$ – $0,12$ м) и посев по нулевой технологии производятся на 30% посевных площадей, по 15% соответственно. Отвальной вспашке ($h=0,21$ – $0,23$ м) и глубокому рыхлению ($h=0,40$ – $0,50$ м), отнесенным по энергоемкости к первой группе родственных операций, подвергаются около 15% площадей – 10 и 5% соответственно.

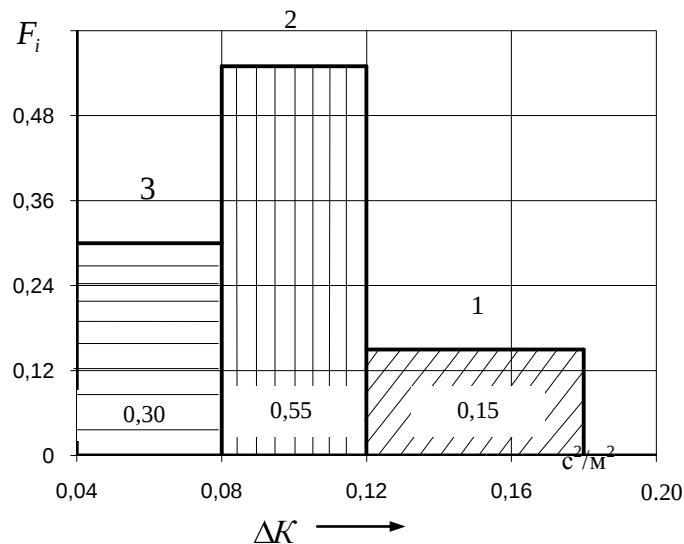


Рис. 2. Соотношение объемов работ по видам технологий основной обработки почвы в АПК Красноярского края: 1 – отвальная вспашка и глубокое рыхление; 2 – безотвальная комбинированная обработка; 3 – поверхностная обработка и посев по нулевой технологии

Распределение требуемого удельного энергетического потенциала $\nu_{\mathcal{E}}$, с учетом объемов работ и равномерного использования рационального тягового диапазона $\varphi_{KPopl} - \varphi_{KPMax}$ (табл.), для одинарных и сдвоенных колес приведено на рисунке 3. Результаты моделирования показали, что для характерной в АПК края и равномерной занятости трактора на всех видах обработки почвы значения показателей ξ_N^* и $\bar{K}_{m\mathcal{E}}^*$ должны находиться в пределах: на одинарных колесах (13,9–14,5) Вт/кг и (0,253–0,254) с/м² соответственно; на сдвоенных – (12,9–13,5) Вт/кг и (0,249–0,250) с/м². Для тракторов серии К-744Р, оснащенных отечественными дизелями с коэффициентом приспособляемости $K_M = 1,18 - 1,23$, среднее значение коэффициента использования мощности на почвообработке $\xi_N^* = 0,925 - 0,935$. Тогда их потребная энергонасыщенность $\bar{\mathcal{E}}^*$ должна составлять (14,9–15,6) Вт/кг на одинарных и (13,8–14,5) на сдвоенных колесах. Этим требованиям отвечают тракторы К-744Р₂ и К-744Р₃, оснащенные двигателями ЯМЗ-8481.10 мощностью $N_{\mathcal{E}} = 235$ и 265 кВт, массой $m_{\mathcal{E}} = 15,68$ т (17,78т), 17,50т (20,0т) на одинарных и сдвоенных колесах соответственно.

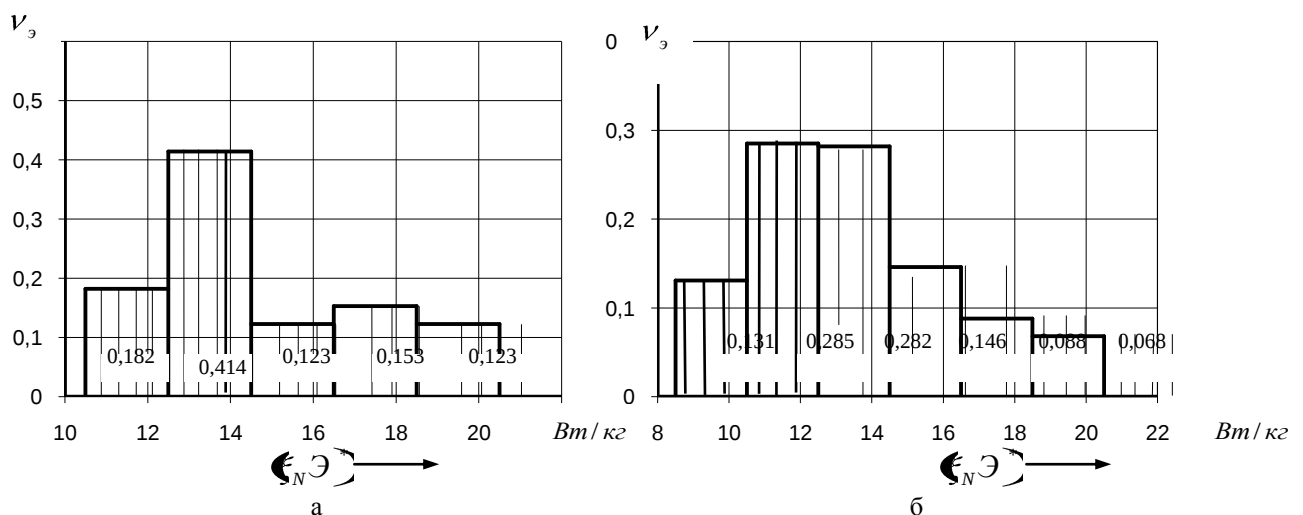


Рис. 3. Распределение требуемого удельного энергетического потенциала трактора 4К46 для реализации технологий основной обработки почвы: а – одинарные колеса; б – сдвоенные колеса

Оптимальные рабочие скорости для основных технологий почвообработки (табл.) обеспечиваются переходом с 1-й (нижней) на 3-4-ю (высшую) передачу основного диапазона. Трактор работает при этом в зоне максимального тягового КПД, обеспечивая перекрытие скоростного диапазона $\delta v^* = v_{opt\ max}^* / v_{opt\ min}^* = 1,56$ тяговым диапазоном $\delta T^* = \varphi_{KP\ max}^* / \varphi_{KP\ min}^*$, равным 1,56 на одинарных и 1,69 на сдвоенных колесах.

Предлагаемые варианты оптимизации удельного энергетического потенциала тракторов общего назначения являются наиболее простыми и нашли широкое применение при их адаптации к природно-производственным условиям.

Выводы

1. Установлены функциональные связи удельных показателей энергетического потенциала и эксплуатационной массы колесного трактора общего назначения с тягово-скоростными режимами их использования на разных видах основной обработки почвы.

2. Определены рациональные диапазоны изменения удельного энергетического потенциала и эквиваленты эксплуатационной массы трактора разной комплектации, а также способы их реализации на основных видах обработки почвы.

3. Для характерной в АПК Красноярского края занятости тракторов «Кировец» на разных видах почвообработки наиболее рационально по критериям ресурсосбережения использовать тракторы К-744Р₂ и К-744Р₃ на одинарных и сдвоенных колесах.

Литература

1. Селиванов Н.И. Эффективное использование энергонасыщенных тракторов. – Красноярск, 2008. – 208 с.



УДК621.517,681.142.36

В.А. Меновщиков, С.И. Щелканов,
А.С. Кайгородов, А.А. Шаронов

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО СМЕЩЕНИЯ В ЗОНЕ КОНТАКТА НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

В данной статье излагается теория определения смещения тел в контакте подшипника скольжения с учетом влияния шероховатости поверхностей. Рассматриваются явления в момент, предшествующий началу движения, так называемое предварительное смещение, под которым обычно понимают процессы, происходящие на контакте при переходе к скольжению.

Ключевые слова: подшипник скольжения, контакт, предварительное смещение, трение, коэффициент трения, коэффициент жесткости, шероховатость поверхностей, работоспособность.

V.A.Menovshchikov, S.I.Shchelkanov,
A.S.Kaygorodov, A.A.Sharonov

INFLUENCE OF PRELIMINARY DISPLACEMENT IN THE CONTACT ZONE ON THE SLIDING BEARING NORMAL OPERATION

The theory for body displacement determination in the sliding bearing contact taking into account the surface roughness influence is reported in the article. The phenomena in the moment, which goes before the motion start, so-called preliminary displacement, which is usually understood as the processes that occur at the contact in the process of transition to sliding, are considered.

Keywords: sliding bearing, contact, preliminary displacement, friction, friction factor, rigidity factor, surface roughness, normal operation.

Введение. Физическая картина работы цилиндрического подшипника скольжения, несущего радиальную нагрузку, хорошо отображается диаграммой Герси-Штрибека [1, 2]. Диаграмма строится на основе экс-