

3. Остроумов С.С. Результаты полевых испытаний нового картофелеуборочного комбайна // Вестн. ИрГСХА. – 2009. – Вып. 36. – С. 86–92.



УДК 629.114.2

Н.И. Селиванов

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ТРАКТОРОВ ВЫСОКОЙ МОЩНОСТИ

*В статье дана оценка технологического уровня высокомошных колесных тракторов отечественного и зарубежного производства для совокупности зональных технологий основной обработки почвы и преобладающих классов длины гона в агропромышленном комплексе зоны 6.2 Сибирского федерального округа.*

**Ключевые слова:** длина гона, технология обработки почвы, технологический уровень, трактор высокой мощности, ширина захвата, агрегат.

N.I. Selivanov

### TECHNOLOGICAL LEVEL OF HIGH POWER TRACTORS

*The assessment of the technological level of the high-power wheeled tractors of domestic and foreign production for the totality of basic soil processing zonal technologies and the drive length predominating classes in the agroindustrial complex of zone 6.2 in the Siberian federal district is given in the article.*

**Keywords:** drive length, soil processing, technological level, high power tractor, clawwidth, aggregate.

**Введение.** Технологический уровень сельскохозяйственных тракторов общего назначения определяется в основном эффективностью работы в составе почвообрабатывающих агрегатов, которая характеризуется обеспечением заданной производительности с наименьшими энергетическими и приведенными затратами. Поэтому оценка технологического уровня тракторов высокой мощности, на который оказывает влияние большое количество природно-производственных факторов, предусматривает установление взаимосвязи показателей эффективности с эксплуатационными параметрами и тягово-скоростными режимами работы для рационального использования в зональных технологиях обработки почвы.

**Цель исследований.** Оценка технологического уровня отечественных и зарубежных колесных 4К46 тракторов для совокупности используемых технологий основной обработки почвы.

**Задачи исследований.** Установить рациональные интервалы рабочей скорости и тяговые диапазоны использования высокомошных отечественных и зарубежных тракторов в зональных технологиях почвообработки; определить показатели эффективности и дать оценку технологического уровня высокомошных тракторов для совокупности операций основной обработки почвы; разработать рекомендации по использованию высокомошных тракторов в составе почвообрабатывающих агрегатов с учетом природно-производственных условий.

**Материалы и методы исследований.** В основу решения поставленных задач положены установленные ранее [1] допущения и ограничения на техническое обеспечение зональных технологий основной обработки почвы. По энергоёмкости, агротребованиям и техническому обеспечению родственные операции почвообработки разделены на три группы, каждую из которых характеризуют осредненное удельное тяговое сопротивление рабочих машин  $K_{oi}$  при скорости  $V_0=1,4$  м/с, коэффициент вариации  $v_{Koi}$  приращение  $\Delta K_i$  в зависимости от скорости, определяющие рациональный по энергозатратам и агротребованиям номинальный скоростной режим  $V_{Hi}^*$  с установленными допусками  $(V_{opt}^* - V_{max}^*)_i$ .

Чистая производительность агрегата  $W_i$  и эксплуатационная масса  $m_{эi}^*$  трактора с установленной мощностью  $N_{эз}$  двигателя при номинальной частоте  $n_H$  и коэффициенте приспособляемости по крутящему моменту  $K_M=M_{max}/M_H$  на конкретной группе родственных операций зависят от указанных выше характеристик  $K_0$  и  $\mu_K = [1 + \Delta K(V_H^2 - V_0^2)]$ , а также номинальных значений скорости  $V_H$ , тягового КПД  $\eta_{TH}$ , коэффициентов использования веса  $\varphi_{крH}$  и мощности  $\xi \frac{1}{N}$ . Соотношение указанных параметров, определяющее оптимальные величины показателей технологичности энергомашины, – удельного энергетического

потенциала  $(\xi_{\overline{N}} \cdot \Theta)^*$  и удельной материалоемкости  $m_{y\partial}^*$ , обеспечивает её наиболее эффективное функционирование в составе агрегата данного технологического назначения при  $V_{Hi}^* = V_H$ :

$$\begin{cases} (\xi_{\overline{N}} \cdot \Theta)^* = \xi_{\overline{N}}^* \cdot N_{e\partial} / m_{\partial}^* = g \cdot \overline{\varphi_{крн}} \cdot V_{Hi}^* / \eta_{TH}; \\ m_{y\partial}^* = m_{\partial}^* / \xi_{\overline{N}}^* \cdot N_{e\partial} = \eta_{TH} \cdot \xi_{\overline{N}}^* / g \cdot \overline{\varphi_{крн}} \cdot V_{Hi}^* \cdot 10^{-3}. \end{cases} \quad (1)$$

Тогда оптимальные значения  $W_i$  и  $m_{\partial i}^*$  для указанной группы операций и соответствующая им рациональная длина гона  $l_{\partial i}^*$  использования трактора с минимальными приведенными затратами при  $W_i^*$ :

$$\begin{cases} W_i = \xi_{\overline{N}}^* \cdot N_{e\partial} \cdot \eta_{TH} / K_{0i} \cdot \mu_{ki} \geq W_i^*; \\ m_{\partial i}^* = \xi_{\overline{N}}^* \cdot N_{e\partial} \cdot \eta_{TH} / g \cdot \overline{\varphi_{крн}} \cdot V_H \leq m_{\partial max}^*. \end{cases} \quad (2)$$

Относительное передаточное число механической трансмиссии  $i_k$  при известном динамическом радиусе ведущих колес  $r_g$  и буксовании  $\delta_{opt} \leq \delta_H < \delta_g$  в номинальном скоростном режиме  $n_H = n_H \cdot \xi_{\overline{\omega}}^*$  выразится как

$$i_{ki}^* = i_{mpi}^* / r_g = \pi \cdot n_H \cdot \xi_{\overline{\omega}}^* (1 - \delta_H) / 30 \cdot V_{Hi}, \quad (3)$$

где  $\xi_{\overline{\omega}}^* = \xi_{\overline{N}}^* / \xi_{\overline{M}}^*$ ;  $E_k = \mu_K / \eta_T$ .

Взаимосвязи буксования и тягового КПД с параметрами тягово-скоростных свойств  $\delta, \eta_T = f(\varphi_{крн}, V)$  тракторов на одинарных и сдвоенных колёсах в тяговом ( $\varphi_{крmin} \leq \varphi_{крн} \leq \varphi_{крmax}$ ) и скоростном ( $V_{opt}^* \leq V_H \leq V_{max}^*$ ) диапазонах аппроксимируются соответствующими выражениями [1]. В общем случае может быть такое сочетание  $(\xi_{\overline{N}}^* \cdot N_{e\partial})$  и  $W_i$ , что при их возрастании удельные энергозатраты  $E_{\Pi} = \xi_{\overline{N}}^* \cdot N_{e\partial} / W$  останутся постоянными и оценить изменение эффективности трактора не представляется возможным. Поэтому целесообразно использовать в качестве критерия эффективности удельные энергозатраты на единицу производительности, которые являются эквивалентой прямых эксплуатационных затрат [2]:

$$E_{np} = E_{\Pi} / W = K_0^2 \cdot E_k^2 / (\xi_{\overline{N}}^* \cdot N_{e\partial}) \rightarrow \min, \quad (4)$$

или

$$K_E = E_{np} / K_0^2 = E_k^2 / (\xi_{\overline{N}}^* \cdot N_{e\partial}) = \mu_K^2 / (\eta_T \cdot P_{кр} \cdot V). \quad (5)$$

Обозначив  $\mu_K^2 / V \cdot \eta_T = K_{E\Pi}$ , получим из (5) оптимальные значения тягового усилия  $P_{крн}^*$  и эксплуатационной массы  $m_{\partial}^*$ :

$$\begin{cases} P_{крн}^* = K_0 \cdot \mu_K \cdot B_p^* = K_{E\Pi} / K_E; \\ m_{\partial}^* = K_{E\Pi} / (K_E \cdot g \cdot \overline{\varphi_{крн}}). \end{cases} \quad (6)$$

Сочетание значений всех коэффициентов и параметров трактора в критериях (4) и (5) при  $W_i^*$  для операционных технологий каждой группы должно обеспечивать равенство  $P_{крн}^*$  по (6) независимо от тягового режима использования и комплектации ходовой системы. Соответствующие этому условию энергозатраты  $E_{np}^*$  будут минимальными.

Таким образом, значение  $m_{\partial}^*$  определяется соотношением эквивалент удельных энергозатрат на единицу производительности (прямых эксплуатационных затрат) и номинального значения коэффициента  $\overline{\varphi_{крн}}$ .

Адаптированность трактора к зональным технологиям почвообработки оценивается показателями технологичности:

$$\begin{cases} \lambda(\xi_{\overline{N}} \cdot \Theta) = 1 - [\xi_{\overline{N}} \cdot \Theta - (\xi_{\overline{N}} \cdot \Theta)^*] / (\xi_{\overline{N}} \cdot \Theta)^* \rightarrow 1; \\ \lambda_{m_{y\partial}} = 1 - (m_{y\partial} - m_{y\partial}^*) / m_{y\partial}^* \rightarrow 1. \end{cases} \quad (7)$$

Оптимальное значение коэффициента использования мощности  $\xi_{\overline{N}}^*$  тракторных дизелей с  $K_M = 1,15 - 1,50$  определится как [3]

$$\xi_{\overline{N}}^* = -0,964 + 1,80 \cdot K_M - 0,40 \cdot K_M^2 + 0,023/\nu_{мс}. \quad (8)$$

Для сравнительной оценки показателей технологического уровня и потребительских свойств тракторов на отдельной группе родственных операций и установленной длины гона используется комплексный показатель  $K_{\Gamma Y}$  в виде произведения частных показателей эффективности [2]:

$$\begin{aligned} K_{\Gamma Y} &= K_W \cdot K_N \cdot K_m \cdot K_{Epp} \rightarrow 1, \quad (9) \\ \begin{cases} K_W = 1 - (W^* - W)W^*; \\ K_N = 1 - [\xi_{\overline{N}} N_{e\partial} - (\xi_{\overline{N}} N_{e\partial})^*] / (\xi_{\overline{N}} N_{e\partial})^*; \\ K_m = 1 - (m_{\partial} - m_{\partial}^*) / m_{\partial}^*; \\ K_{Epp} = 1 - (K_E - K_E^*) / K_E^*. \end{cases} \quad (10) \end{aligned}$$

Для всего объема работ с учетом занятости  $T_i$  трактора на разных операциях обработки почвы  $K_{\Gamma Y} = \frac{1}{T_r} \sum_1^3 K_{\Gamma Y i} \cdot T_i$ .

Показатели без знака (\*) определяются по приведенным выше зависимостям и техническим характеристикам основных моделей высокомоментных тракторов, используемых в АПК региона, а со знаком (\*) рассчитываются при  $E_{\text{пр}i}^* = \min$  (базовый вариант) для зональных технологий почвообработки и определенной длины гона. Исходя из условия, что  $K_{\Gamma Y \max} = 1$ , принимаются ограничения: при  $W > W^*$ ,  $(\xi_{\overline{N}} N_{e\partial}) < (\xi_{\overline{N}} N_{e\partial})^*$ ,  $m_{\partial} < m_{\partial}^*$ ,  $K_E < K_E^*$ , соответственно  $K_W = K_N = K_m = K_E = 1$ . Указанный критерий может быть использован при выборе в качестве базового варианта трактора  $sW \rightarrow W^*$  и  $E_{\text{пр}}^* \rightarrow \min$ .

**Результаты исследований и их обсуждение.** В АПК регионов Восточной агрозоны 6.2 Сибирского федерального округа на долю колесных тракторов высокой мощности (6–8 кл.) при нормативной потребности 0,66 эт. (0,285 физ. ед.) на 1000 га пашни и фактической обеспеченности зональных технологий обработки почвы и посева на 50,8 % приходится 2,6–2,7 % от общего состава тракторного парка или более 1300 физ. ед. В сельскохозяйственных предприятиях Красноярского края фактический состав парка высокомоментных колесных тракторов (237 ед.) представлен 45 % отечественными К-744Р1/Р2/Р3 и на 55 % зарубежными машинами ведущих фирм [3], технические характеристики которых приведены в табл. 1.

Представленные типоразмеры тракторов отдельных (отечественных и зарубежных) производителей относятся, как правило, к одной серии и имеют одинаковые габаритные размеры, продольную базу, ширину колеи, заправочные ёмкости, параметры трансмиссии и ходовой системы, гидравлического оборудования, тягового устройства и ВОМ. Все они могут комплектоваться сдвоенными колесами. Новые модели отечественных тракторов серии К-744Р и все зарубежные тракторы оборудованы рядными 6-цилиндровыми дизелями с турбонаддувом и промежуточным охлаждением наддувочного воздуха.

Эти двигатели имеют запас крутящего момента  $\mu_k = 35-40\%$  и характеристику постоянной мощности в интервале от номинальной  $n_n$  до соответствующей максимальному крутящему моменту  $n_m$  частоты вращения коленчатого вала с превышением максимальной мощности над номинальной на 7–12 %. Оптимальный нагрузочный режим работы таких двигателей превышает номинальный и находится в зоне максимальной мощности.

Технические характеристики высокомоощных 4К46 тракторов

Модель (типоразмер) трактора	$N_{\text{ез}}$ , кВт (л.с.)	$M_k$ , %	$m_{\text{э1}}/m_{\text{э2max}}$ , т	$\text{Э}_1/\text{Э}_2$ , Вт/кг	$m_{y\text{э1}}/m_{y\text{э2}}$ , кг/кВт
1. К-744Р1	205(279)	20	14,90/16,90	13,76/12,13	72,7/82,4
2. К-744Р2	235(320)	23	15,68/17,78	14,99/13,22	66,7/75,7
3. К-744Р3	265(360)	31	17,50/19,60	15,14/13,52	66,1/74,0
4. К-744Р2М	250(340)	40	15,22/17,33	16,43/14,43	60,9/69,3
5. К-744Р3М	298(405)	38	17,0/19,20	17,53/15,52	57,0/64,4
6. К-744Р3М-1	310(422)	38	17,0/19,20	18,24/16,15	54,8/61,9
7. NH T9.505	336(457)	40	18,50/22,45	18,16/14,97	55,1/66,8
8. NH T9.615	398(542)	40	18,50/22,45	21,51/17,73	46,5/56,4
9. Case STX 430	321(436)	40	17,10/21,10	18,77/15,21	53,3/65,7
10. Case STX 380	283(384)	40	16,10/18,60	18,74/15,22	53,4/65,7
11. Case STX 530	395(537)	40	-/24,50	-/16,12	-/62,0
12. JD 9330	280(380)	38	15,50/19,50	18,06/14,36	55,4/69,6
13. JD 9430	312(425)	38	16,10/20,10	19,38/15,52	51,6/64,4
14. JD 9530	349(475)	38	16,30/20,30	21,41/17,19	46,7/58,2
15. Buhler (Versatile) 435	324(435)	35	16,0/20,0	20,25/16,20	49,4/61,7
16. Buhler (Versatile) 535	399(542)	35	-/24,27	-/16,44	-/60,8

Тракторы одной серии и разных типоразмеров отличаются мощностью двигателя и возможными пределами регулирования эксплуатационной массы установкой сдвоенных колес и балластных грузов, которые составляют обычно 3,5–4,0 т.

Анализ технических характеристик показывает, что отечественные тракторы К-744Р1, Р2, Р3 и их модификации по своим показателям технологичности наиболее адаптированы к операциям 1 и 2 групп, а зарубежные к операции 3 группы. Это подтверждается результатами расчета рациональных тягово-скоростных режимов их использования (табл. 2) на одинарных и сдвоенных колесах. По массоэнергетическим параметрам все они относятся к 6 тяговому классу на одинарных колесах и к 8 классу (кроме К-744Р1, Р2, Р2М) на сдвоенных. При эксплуатационной мощности свыше 350 кВт (475 л.с.) тракторы оснащаются обычно только сдвоенными колесами.

Таблица 2

Рациональные тягово-скоростные режимы использования высокомоощных тракторов

Модель (типоразмер) трактора	$\xi_N^*$	Одинарные колеса		Сдвоенные колеса	
		$(V_{\text{min}} - V_{\text{max}})^*$ , м/с	$(P_{\text{крmin}} - P_{\text{крmax}})^*$ , кН	$(V_{\text{min}} - V_{\text{max}})^*$ , м/с	$(P_{\text{крmin}} - P_{\text{крmax}})^*$ , кН
1. К-744Р1	0,87	1,87-2,07	60,6-54,7	1,86-2,17	68,4-58,4
2. К-744Р2	0,90	2,13-2,36	63,1-56,9	2,10-2,46	71,5-61,0
3. К-744Р3	0,95	2,27-2,52	70,7-63,5	2,22-2,60	80,4-68,7
4. К-744Р2М	1,03	2,67-2,96	61,2-55,2	2,62-3,07	69,7-59,5
5. К-744Р3М	1,00	2,77-3,07	68,4-61,7	2,74-3,21	77,2-66,0
6. К-744Р3М-1	1,0	2,88-3,19	68,4-61,7	2,85-3,34	77,2-66,0
7. NH T9.505	1,03	2,95-3,27	74,4-67,1	2,72-3,19	90,3-77,1
8. NH T9.615	1,03	3,66-4,06	74,4-67,1	3,22-3,78	90,3-77,1
9. Case STX 430	1,03	3,05-3,38	68,8-62,1	2,77-3,24	84,9-72,4
10. Case STX 380	1,03	3,03-3,35	60,7-54,8	2,75-3,22	74,8-63,9
11. Case STX 530	1,03	-	-	2,93-3,43	98,5-84,1
12. JD 9330	1,0	2,85-3,16	62,3-56,3	2,53-2,97	78,4-67,6
13. JD 9430	1,0	3,06-3,39	64,8-58,4	2,74-3,21	80,8-69,0
14. JD 9530	1,0	3,38-3,75	65,6-59,2	3,03-3,55	81,6-69,7
15. Buhler (Versatile) 435	0,98	3,13-3,47	64,4-58,1	2,80-3,28	80,4-68,7
16. Buhler (Versatile) 535	0,98	-	-	2,84-3,33	97,6-83,3

На операциях почвообработки 1-й группы приведенные типоразмеры тракторов по производительности и приведенным затратам наиболее эффективны при длине гона  $l_2 = 1000$  м ( $W^* = 6,93$  м<sup>2</sup>/с,  $K_E^* = 0,024$  кВт<sup>-1</sup>). По критерию  $K_{my}$  максимально эффективны отечественные тракторы К-744Р2, Р1 мощностью  $N_{эз} = 205-235$  кВт. При этом они максимально эффективны по всем частным критериям (табл. 3). В число лучших при  $K_{my} > 0,40$  входит только одининостраный трактор JD 9330, что обусловлено в первую очередь их высокой энергонасыщенностью при ограниченном балластировании на одинарных колесах.

Таблица 3

**Показатели и критерии эффективности высокомошных колесных 4К46 тракторов на 1-й группе родственных операций при длине гона более 1000 м (одинарные колеса)**

$$(K_0=13,15 \text{ кН/м}, \bar{\varphi}_{кр}=0,41, \Delta \bar{K}=0,15 \text{ с}^2/\text{м}, \nu_{мс}=0,10)$$

Модель (типоразмер) трактора	$\bar{V}_H$ , м/с	$W$ , м <sup>2</sup> /с	$K_E$ , кВт <sup>-1</sup>	$K_W$	$K_{Эпр}$	$K_N$	$K_m$	$K_{ТУ}$
1. К-744Р2	2,13	7,11	0,0229	1,0	1,0	1,0	0,976	0,976
2. К-744Р1	1,87	6,76	0,0214	0,975	1,0	1,0	1,0	0,975
3. К-744Р3	2,27	7,94	0,0218	1,0	1,0	0,824	0,856	0,705
4. К-744Р2М	2,67	6,71	0,0308	0,968	0,717	0,802	0,975	0,543
5. К-744Р3М	2,77	7,43	0,0292	1,0	0,783	0,613	0,889	0,427
6. JD 9330	2,85	6,73	0,0333	0,972	0,613	0,698	0,987	0,410

На родственных операциях 2-й группы типоразмеры тракторов мощностью 235–265 кВт с одинарными колесами по критерию  $K_{my}$ , наиболее эффективны при  $l_2 = 600 - 1000$  м ( $W^* = 19,69$  м<sup>2</sup>/с,  $K_E^* = 0,0202$  кВт<sup>-1</sup>). Максимально эффективными среди них являются также отечественные тракторы К-744Р3, Р2М, Р2 (табл. 4). Тракторы зарубежного производства имеют низкую эффективность по часовому ( $K_N$ ) и погектарному ( $K_{Эпр}$ ) расходу топлива. Оснащение сдвоенными колесами повышает тяговый КПД и соответственно потенциальную производительность высокомошных тракторов при адекватном снижении удельных энергозатрат. Наиболее эффективными приведенные типоразмеры тракторов на операциях 2-й группы становятся при длине гона  $l_2 = 1000$  м ( $W^* = 23,14$  м<sup>2</sup>/с,  $K_E^* = 0,013$  кВт<sup>-1</sup>). Ведущие позиции по критерию  $K_{my}$  занимают отечественные К-744Р2М, Р3, Р3М и иностранные JD 9330, 9430, CaseSTX 380 тракторы мощностью от 250 до 300 кВт, поскольку имеют наивысшие оценки по производительности (кроме К-744Р2М, Р3) и удельному ( $K_{Эпр}$ ) расходу топлива (табл. 4). Остальные типоразмеры имеют  $K_{my} < 0,65$ .

Таблица 4

**Показатели эффективности высокомошных 4К46 тракторов на 2-й группе родственных операций**

$$(K_0=5,60 \text{ кН/м}, \bar{\Delta} \bar{K} = 0,10 \text{ с}^2/\text{м}^2, \nu_{мс}=0,10)$$

Модель (типоразмер) трактора	$V_H$ , м/с	$\varphi_{кр}$	$W$ , м <sup>2</sup> /с	$K_E$ , кВт <sup>-1</sup>	$K_W$	$K_{Эпр}$	$K_N$	$K_m$	$K_{ТУ}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
а) Одинарные колеса, $l_r = 600 - 1000$ м									
1. К-744Р3	2,52	0,37	19,84	0,0204	1,0	0,990	0,977	0,990	0,958
2. К-744Р2М	2,67	0,41	19,15	0,0225	0,973	0,886	0,953	1,0	0,821
3. К-744Р2	2,36	0,37	17,47	0,217	0,887	0,926	1,0	1,0	0,821
4. К-744Р1	2,07	0,37	16,46	0,211	0,838	0,955	1,0	1,0	0,800
5. JD 9330	2,85	0,41	19,55	0,0235	0,993	0,837	0,862	1,0	0,717
6. К-744Р3М	2,77	0,41	21,40	0,0208	1,0	0,970	0,789	0,901	0,690
7. К-744Р3М-1	2,88	0,41	21,35	0,216	1,0	0,930	0,741	0,901	0,621

1	2	3	4	5	6	7	8	8	10
б) Сдвоенные колеса, $l_r > 1000$ м									
1. К-744Р2М	2,62	0,41	21,91	0,0171	0,947	0,875	0,994	1,0	0,826
2. JD 9330	2,53	0,41	24,72	0,0146	1,0	1,0	0,906	0,942	0,853
3. К-744Р3	2,60	0,35	21,69	0,0171	0,937	0,875	1,0	1,0	0,820
4. Case STX380	2,75	0,41	23,68	0,0166	1,0	0,908	0,861	0,990	0,774
5. К-744Р3М	2,74	0,41	24,30	0,0161	1,0	0,941	0,836	0,957	0,753
6. JD 9430	2,74	0,41	25,44	0,0154	1,0	0,987	0,782	0,908	0,701
7. К-744Р3М-1	2,85	0,41	24,32	0,0167	1,0	0,901	0,789	0,957	0,680
8. Buhler 435 (Versatile)	2,80	0,41	25,35	0,0158	1,0	0,960	0,759	0,914	0,666

На операциях 3-й группы все типоразмеры тракторов мощностью от 250 до 320 кВт по производительности ( $K_W=1,0$ ) и удельному расходу топлива ( $K_{Eпр}=1,0$ ) максимально эффективны при  $l_2 = 600 - 1000$  м ( $W^* = 25,8 \text{ м}^2/\text{с}$ ,  $K_E^* = 0,0209 \text{ кВт}^{-1}$ ). Однако по массовому расходу топлива ( $K_N$ ) и эксплуатационной массе ( $K_m$ ) основная часть иностранных тракторов менее эффективна, чем отечественные К-744Р2М, Р3М, Р3М-1. По критерию  $K_{my} \geq 0,70$  наиболее эффективны восемь типоразмеров тракторов, из них три отечественных (табл. 5).

Значительная часть приведенных типоразмеров тракторов мощностью от 300 до 350 кВт достаточно эффективна на одинарных колесах при  $l_2 > 1000$  м ( $W^* = 32,92 \text{ м}^2/\text{с}$ ,  $K_E^* = 0,0164 \text{ кВт}^{-1}$ ). Они максимально эффективны по критериям  $K_N$  и  $K_m$ , однако имеют недостаточную производительность и топливную экономичность. По критерию  $K_{my} \geq 0,70$  эффективными являются пять иностранных и два отечественных типоразмера (табл. 5)

Таблица 5

## Показатели эффективности высокомоментных 4К46 тракторов на 3-й группе родственных операций

$$(K_0=4,50 \text{ кН/м}, \Delta \bar{K}=0,06 \text{ с}^2/\text{м}^2, \nu_{mc}=0,10)$$

Модель (типоразмер) трактора	$V_n$ , м/с	$\varphi_{кр}$	$W$ , м <sup>2</sup> /с	$K_E$ , кВт <sup>-1</sup>	$K_W$	$K_{Eпр}$	$K_N$	$K_m$	$K_{TY}$
а) Одинарные колеса, $l_2 = 600 - 1000$ м									
1. К-744Р2М	2,96	0,37	25,67	0,0194	0,995	1,0	1,0	0,963	0,958
2. JD 9330	3,16	0,37	26,53	0,0198	1,0	1,0	1,0	0,942	0,942
3. Case STX380	3,35	0,37	36,31	0,0209	1,0	1,0	0,970	0,970	0,940
4. JD 9430	3,39	0,37	27,87	0,0200	1,0	1,0	0,897	0,901	0,808
5. К-744Р3М	3,07	0,37	28,82	0,0178	1,0	1,0	0,947	0,840	0,795
6. К-744Р3М-1	3,19	0,37	29,07	0,0181	1,0	1,0	0,905	0,840	0,760
7. Buhler 435 (Versatile)	3,13	0,41	30,23	0,0204	1,0	1,0	0,878	0,789	0,693
8. Case STX430	3,38	0,37	29,60	0,0187	1,0	1,0	0,832	0,835	0,693
б) Одинарные колеса, $l_r > 1000$ м									
1. NH T9.505	3,27	0,37	31,87	0,0169	0,968	0,970	1,0	1,0	0,939
2. JD 9530	3,38	0,41	31,24	0,0178	0,949	0,914	1,0	1,0	0,868
3. К-744Р3М	3,07	0,37	28,82	0,0178	0,875	0,914	1,0	1,0	0,800
4. К-744Р3М-1	3,19	0,37	29,07	0,0181	0,883	0,896	1,0	1,0	0,791
5. Case STX430	3,38	0,37	29,60	0,0187	0,899	0,860	1,0	1,0	0,773
6. NH T9.615	3,66	0,41	34,14	0,0175	1,0	0,933	0,865	0,904	0,729
7. Buhler 435 (Versatile)	3,13	0,41	30,23	0,0204	0,918	0,756	1,0	1,0	0,694

При сдваивании колес на операциях 3-й группы за счёт повышения производительности и топливной экономичности наибольшей эффективностью при  $l_2 > 1000$  м ( $E_{np}^* = 0,0146$  кВт<sup>-1</sup>) обладают тракторы с  $N_{ea} \geq 320$  кВт и  $m_a \leq 21,0$  т. В таблице 6 приведены типоразмеры тракторов с  $K_{my} \geq 0,70$ . В указанный перечень входят восемь иностранных и два отечественных типоразмеров тракторов. Более низкое значение критерия  $K_{my}$  у других типоразмеров обусловлено их недостаточной энергонасыщенностью (К-744Р1, Р2М) или, наоборот, завышенными массоэнергетическими параметрами ННТ9.615.

Таблица 6

**Показатели эффективности высокомоощных 4К46 тракторов на 3-й группе родственных операций ( $K_0=4,50$  кН/м,  $\Delta \bar{K}=0,06$  с<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>,  $\nu_{mc}=0,10$ ). Сдвоенные колеса,  $l_2 > 1000$  м**

Модель (типоразмер) трактора	$V_H$ , м/с	$\varphi_{кр}$	$W$ , м <sup>2</sup> /с	$K_E$ , кВт <sup>-1</sup>	$K_W$	$K_{Enp}$	$K_N$	$K_m$	$K_{TY}$
1. Buhler 435 (Versatile)	3,28	0,35	32,79	0,0146	0,996	1,0	1,0	0,985	0,981
2. JD 9430	3,21	0,35	32,80	0,0143	0,996	1,0	1,0	0,980	0,976
3. JD 9330	2,97	0,35	31,30	0,0141	0,951	1,0	1,0	1,0	0,951
4. Case STX430	3,24	0,35	34,49	0,0137	1,0	1,0	0,998	0,947	0,945
5. К-744Р3М-1	3,34	0,35	31,53	0,0154	0,958	0,946	1,0	1,0	0,906
6. К-744Р3М	3,21	0,35	31,09	0,0152	0,944	0,960	1,0	1,0	0,906
7. Case STX380	3,22	0,35	30,41	0,0165	0,924	0,932	1,0	1,0	0,860
8. JD 9530	3,55	0,35	33,33	0,0155	1,0	0,938	0,909	0,970	0,826
9. NH T9.505	3,19	0,35	36,57	0,0128	1,0	1,0	0,920	0,864	0,795
10. Buhler 535 (Versatile)	3,33	0,35	39,86	0,0122	1,0	1,0	0,780	0,932	0,727

В таблице 7 приведены осредненные значения ширины захвата  $B_p$  почвообрабатывающих машин и агрегатов при работе с высокомоощными тракторами, рассчитанные по зависимости  $B_p = W/V_H$ . Анализ показывает, что при  $l_2 > 1000$  м на отвальной вспашке с тракторами серии К-744Р следует использовать 8–10-корпусные плуги шириной захвата 2,80–3,50 м. В этом случае удельный показатель  $N_{y0} = \xi_{\bar{N}} \cdot N_{ea}/B_p$  (67,4–71,9 кВт/м) незначительно отличается от оптимального значения  $N_{y0}^* = 68,3$  кВт/м.

На операциях 2-й группы тракторы мощностью 235–300 кВт целесообразно агрегатировать с рабочими машинами шириной захвата 6–8 м на одинарных и 8–10 м на сдвоенных колесах.

Для выполнения операций 3-й группы тракторами мощностью свыше 320 кВт на сдвоенных колесах ширина захвата агрегата должна составлять 10–12 м.

Таблица 7

**Осредненная ширина захвата почвообрабатывающих машин и агрегатов при работе с высокомоощными 4К46 тракторами**

Типоразмер трактора	$B_p^*$ , м				
	1-я группа $K_0=13,65$ кН/м	2-я группа, $K_0=5,60$ кН/м		3-я группа, $K_0=4,50$ кН/м	
		одинарные колеса	сдвоенные колеса	одинарные колеса	сдвоенные колеса
1	2	3	4	5	6
1. К-744Р1	3,61	7,95	8,22	6,31	6,55
2. К-744Р2	3,34	7,42	7,78	7,50	7,76
3. К-744Р3	3,50	7,87	8,34	8,70	9,00
4. К-744Р2М	2,51	7,17	8,36	8,85	9,18
5. К-744Р3М	2,68	7,73	8,87	8,39	9,69

1	2	3	4	5	6
6. К-744РЗМ-1	2,59	7,41	8,53	8,11	9,44
7. NH Т9.505	2,68	7,87	10,45	8,75	11,46
8. NH Т9.615	-	5,90	8,78	8,33	13,35
9. Case STX 430	-	7,05	9,63	8,76	10,65
10. Case STX 380	2,39	6,30	8,61	7,85	9,44
11. Case STX 530	-	-	10,59	-	11,78
12. JD 9330	2,36	6,86	8,77	8,40	10,34
13. JD 9430	-	6,61	8,28	8,22	10,0
14. JD 9530	-	6,00	9,70	8,24	9,40
15. Buhler 435 (Versatile)	-	6,42	9,05	8,66	10,0
16. Buhler 535 (Versatile)	-	-	10,84	-	11,97

### Выводы

1. По техническим характеристикам и результатам тяговых испытаний установлены рациональные тягово-скоростные режимы использования основных типоразмеров высокомоощных 4К4б тракторов отечественного и иностранного производства в зональных технологиях почвообработки.

2. По показателям технологичности на операциях основной обработки почвы разных групп наиболее эффективными являются:

- 1-я группа – отечественные тракторы К-744Р1, Р2 ( $N_{e3}=205-235$  кВт) при  $l_r > 1000$  м;
- 2-я группа – тракторы К-744Р3, Р2М, Р2 ( $N_{e3}=235-265$  кВт) на одинарных колесах при  $l_r = 600 - 1000$  м, тракторы К-744Р2М, Р3, Р3М, JD 9330, CaseSTX 380 ( $N_{e3}=250-300$  кВт) на сдвоенных колесах при  $l_r > 1000$  м;

- 3-я группа – тракторы К-744Р2М, Р3М, JD 9330, 9430, CaseSTX 380, 430, Buhler 435 ( $N_{e3}=250-300$  кВт) на одинарных колесах при  $l_r = 600 - 1000$  м, при  $l_r > 1000$  м в группу лидеров входят также тракторы NHТ9.505, Т9.615 ( $N_{e3}=300-350$  кВт); на сдвоенных колесах наиболее эффективными при  $l_r > 1000$  м являются тракторы мощностью  $N_{e3} \geq 320$  кВт и массой  $m \leq 21,0$  т.

3. При равномерной (по времени) занятости на операциях 2-й и 3-й групп в течение года и  $l_r > 1000$  м наиболее эффективны по критерию технологичности  $K_{тy}$  тракторы Buhler 435, JD 9330, 9430, К-744РЗМ, Р3, РЗМ-1 и CaseSTX 380 мощностью от 280 до 320 кВт на сдвоенных колесах; на одинарных колесах предпочтительнее использовать тракторы NHТ9.505, К-744РЗМ, РЗМ-1 при  $N_{e3} = 300 - 335$  кВт. На длине гона 600–1000 м наивысшую эффективность обеспечивают тракторы К-744Р2М, Р3М и JD 9330 мощностью  $N_{e3}=250-300$  кВт с одинарными колесами.

4. Установлены рациональные значения ширины захвата почвообрабатывающих агрегатов разного технологического назначения для использования с высокомоощными 4К4б тракторами разных типоразмеров.

### Литература

1. Селиванов Н.И. Эксплуатационные параметры колесных тракторов высокой мощности // Вестн. КрасГАУ. – 2014. – № 3. – С. 136–142.
2. Самсонов В.А. Расчет показателей трактора с учетом влияния природно-производственных факторов // Тракторы и с.-х. машины. – 2007. – № 4. – С. 21–25.
3. Селиванов Н.И., Селиванов И.А., Шрайнер Э.Г. Технологическая потребность в высокомоощных колесных тракторах // Вестн. КрасГАУ. – 2014. – № 4. – С. 129–135.

