



УДК 629.114.2

Н.И. Селиванов, В.Н. Запрудский, С.А. Зыков

# ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ НА БАЗЕ ТРАКТОРОВ СЕРИИ К-744Р

*Получены характеристики потенциальных возможностей почвообрабатывающих агрегатов на базе тракторов серии К-744Р, позволившие обосновать рациональные параметры и тягово-скоростные режимы их использования при реализации зональных технологий основной обработки почвы.*

**Ключевые слова:** трактор, агрегат, технологии почвообработка, показатели эффективности, тяговый диапазон, скоростной режим, одинарные, сдвоенные колеса.

N.I. Selivanov, V.N. Zaprudsky, S.A. Zykov

## TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF SOIL-CULTIVATING PLANT UNITS ON THE BASIS OF K-744P SERIES TRACTORS

*Characteristics of potential possibilities of soil-cultivating plant units on the basis of the K-744P series tractor that allowed to substantiate rational parameters and high-speed traction modes of tractors use while implementing zone technologies of the main soil processing are described in the article.*

**Key words:** tractor, plant unit, technologies of soil processing, efficiency indicators, traction range, high-speed mode, single wheels, dual wheels.

**Введение.** Современные зональные технологии возделывания сельскохозяйственных культур ориентированы на сокращение затрат энергоресурсов путем рационального сочетания агротехнических и экономико-организационных мероприятий с конечной оценкой себестоимости и рентабельности производства продукции. Большими резервами в этом направлении располагают ресурсосберегающие и почвозащитные технологии основной обработки почвы, критерии выбора которых – выполнение операций с минимальными затратами для получения максимально-гарантированной урожайности при одновременном сохранении и восстановлении плодородия почвы.

Последние 10–15 лет направлены на достижение указанных ориентиров за счет создания многооперационных почвообрабатывающих (п/о) посевных машин блочно-модульного типа и параметрических рядов мобильных энергетических средств на единой элементно-агрегатной базе с переменным уровнем энергонасыщенности. Совместное функционирование рабочей машины и трактора в составе почвообрабатывающего агрегата определяет основные показатели эффективности реализуемой технологии обработки почвы. Поэтому только машинно-тракторному агрегату, а не отдельным его составляющим, присущи основные оценочные показатели (критерии), такие как производительность, удельные энергетические и топливные затраты.

Учитывая широкую номенклатуру выпускаемых рабочих машин/орудий для зональных технологий основной обработки почвы и создание типоразмерных рядов тракторов общего назначения определенных серий или категорий, особую актуальность в системе ресурсосбережения приобретает задача реализации потенциальных возможностей скомплектованных на их основе агрегатов. Указанное достигается рациональным согласованием тягово-скоростных характеристик рабочих машин и тягово-динамических характеристик энергетических средств. Основные положения общей методологии решения этой проблемы достаточно изучены [1,2]. Однако для рационального комплектования и использования парка тракторов определенного параметрического ряда (серии) в отдельных регионах и крупных предприятиях необходима сравнительная оценка технико-экономических показателей агрегатов разного технологического назначения на их базе с учетом природно-производственных условий.

По реализуемой программе технического перевооружения АПК Восточной Сибири в сельскохозяйственные предприятия поступает новое поколение отечественных тракторов 4К46 «Кировец» серии К-744Р 5–8 кл. (К-744Р<sub>1</sub>/Р<sub>2</sub>/Р<sub>3</sub>), оснащенных отечественными и зарубежными дизелями с коэффициентом приспособ-

соблюдаемости по моменту  $K_M = 1,20 - 1,40$ . Их энергонасыщенность в зависимости от комплектации одинарными или сдвоенными колесами и балластирования изменяется от 13 до 17 Вт/кг. Для оптимальной адаптации тракторов указанной серии к зональным природно-производственным условиям необходима сравнительная оценка эффективности их использования на разных операциях основной обработки почвы.

**Цель работы** – сравнительная оценка эффективности почвообрабатывающих агрегатов на базе тракторов серии К-744Р для рационального их использования при реализации зональных технологий основной обработки почвы.

Для достижения поставленной цели предусматривалось решение следующих задач:

- 1) установить взаимосвязь показателей эффективности и эксплуатационных параметров почвообрабатывающих агрегатов;
- 2) дать сравнительную оценку эффективности агрегатов на базе тракторов серии К-744Р по критериям ресурсосбережения;
- 3) обосновать рациональные тягово-скоростные режимы использования почвообрабатывающих агрегатов разного технологического назначения.

**Условия и методы исследования.** Для решения поставленных задач использована многоуровневая структурная схема с установленными допущениями и ограничениями [1]:

- 1) сравнительная оценка эффективности агрегатов проводится при реализации трех видов (по энергоемкости) технологий почвообработки: традиционной с отвальной вспашкой ( $\bar{K}_0 = 13,65$  кН/м;  $\Delta\bar{K} = 0,15 - 0,18$  с<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>;  $\nu_{\bar{K}_0} = 0,10$ ); минимальной с глубокой безотвальной обработкой ( $\bar{K}_0 = 4,80$  кН/м;  $\Delta\bar{K} = 0,10$  с<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>;  $\nu_{\bar{K}_0} = 0,07$ ); поверхностной безотвальной или нулевой ( $\bar{K}_0 = 3,10 - 3,90$  кН/м;  $\Delta\bar{K} = 0,06$  с<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>;  $\nu_{\bar{K}_0} = 0,07$ );

- 2) оценка показателей эффективности однотипных агрегатов проводится на режиме максимального тягового КПД трактора  $\eta_{T \max}$ , соответствующем  $\varphi_{KP \text{opt}}$  и  $\delta_{\text{opt}}$  или на режиме  $(\varphi_{KP \max} + \varphi_{KP \text{opt}}) / 2 = \bar{\varphi}_{KP}$ ;

- 3) взаимосвязь буксования  $\delta$  и коэффициента использования веса  $\varphi_{KP}$  тракторов серии К-744Р с одинаковой комплектацией ходовой части в рабочем диапазоне тяговых нагрузок ( $P_{KP \text{opt}} - P_{KP \max}$ ) и  $\delta_{\text{opt}} \leq \delta \leq \delta_D$  на одноименных почвенных фонах аппроксимируется выражением  $\delta = a \varphi_{KP} / (b - \varphi_{KP})$  при установленных значениях коэффициентов  $a$  и  $b$ ;

- 4) приоритетными показателями (критериями) при оценке п/о агрегатов являются минимальные энергозатраты в режиме рабочего хода.

При установленных по технической характеристике трактора значениях эксплуатационной мощности  $N_{e3}$  и массы  $m_3$ , коэффициента приспособляемости к перегрузке  $K_M$  и удельного расхода топлива  $g_{EH}$  двигателя, а также экспериментально полученных взаимосвязей  $\delta$ ,  $\eta_T = f(\varphi_{KP})$ , режимы работы и показатели эффективности п/о агрегатов определялись по зависимостям [2]:

действительная скорость рабочего хода, м/с

$$V^* = \xi_N^* \cdot N_{e3} \cdot \eta_T / m_3 \cdot g \cdot \varphi_{KP}^*; \quad (1)$$

удельное тяговое сопротивление рабочей машины, кН/м

$$K_V = \bar{K}_0 [1 + \Delta\bar{K}(V^{*2} - V_0^2)] = K_0 \mu_K; \quad (2)$$

чистая производительность, м<sup>2</sup>/с

$$W = \xi_N^* \cdot N_{e3} \cdot \eta_T / K_0 \mu_K \rightarrow \max; \quad (3)$$

удельные энергозатраты, кДж/м<sup>2</sup>

$$E_{II} = \xi_N^* \cdot N_{e3} / W = K_0 \mu_K / \eta_T \rightarrow \min; \quad (4)$$

удельные энергозатраты на единицу чистой производительности, кДж/м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>/с

$$E_{IIp} = E_{II} / W = K_0^2 \mu_K^2 / \xi_N^* \cdot N_{e3} \cdot \eta_T^2 = K_0^2 E_K^2 / \xi_N^* \cdot N_{e3} \rightarrow \min; \quad (5)$$

удельные топливные затраты, кг/га

$$g_W = 2,77 \cdot \bar{g}_{EH} \cdot E_{II} \rightarrow \min; \quad (6)$$

техническая производительность, га/ч

$$II = 0,36 \cdot W \cdot \tau \cdot K_{об} \rightarrow \max, \quad (7)$$

где  $\tau$  – коэффициент использования времени смены;

$K_{об}$  – обобщенный поправочный коэффициент на местные условия.

Полное выражение технической производительности при  $\tau = (h_W - a_W \cdot W) / (1 + K_W \cdot W)$  имеет вид [2]

$$II = 0,36 \cdot \frac{(h_W - a_W \cdot W)W}{K_W \cdot W}. \quad (8)$$

Для сравнительной оценки эффективности п/о агрегатов на базе разных тракторов серии К-744Р использованы относительные значения указанных выше показателей:

$$\begin{cases} \lambda_V^* = V_i^* / V_1^* = \lambda \xi_N^* \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{\eta T} / \lambda \varphi_{KP}^*; \\ \lambda_W = W_i / W_1 = \lambda V^* \cdot \lambda_{m3} \cdot \lambda \varphi_{KP}^* / \lambda \mu_K \lambda_{K_0}; \\ \lambda_{EII} = E_{IIi} / E_{II1} = \lambda_{K_0} \cdot \lambda \mu_K / \lambda \eta_T; \\ \lambda_{gW} = g_{Wi} / g_{W1} = \lambda_{gEH}^- \cdot \lambda_{K_0} \cdot \lambda \mu_K / \lambda \eta_T; \\ \lambda_{Enp} = E_{npi} / E_{np1} = \lambda_{K_0}^2 \cdot \lambda^2 \mu_K / \lambda \varphi_{KP}^* \cdot \lambda \eta_T \cdot \lambda V^* \cdot \lambda_{m3}. \end{cases} \quad (9)$$

**Результаты исследования и их анализ.** Реализация потенциальных возможностей п/о агрегата является основанием для выбора эксплуатационных параметров и тягово-скоростных режимов использования трактора при выполнении технологического процесса. На рисунке 1 приведены зависимости потенциальных показателей пахотного агрегата ( $\Delta K = 0,15 \text{ с}^2/\text{м}^2$ ,  $\nu_{MC} = 0,10$ ) от коэффициента использования веса  $\varphi_{KP}$  трактора К-744Р<sub>1</sub> ( $N_{e3} = 205 \text{ кВт}$ ,  $K_M = 1,20$ ,  $\mathcal{E}_1 = 13,76 \text{ Вт/кг}$ ) с одинарными и сдвоенными колесами. По аналогии с потенциальной тягово-динамической характеристикой трактора в характеристике потенциальных показателей агрегата можно выделить правую и левую части. Разграничивает эти части режим, соответствующий  $\eta_{T \max}$  и  $\varphi_{KPopt}$ .

В правой части характеристики от  $\varphi_{KPopt} = 0,37$  до  $\varphi_{KP \max} = 0,45$  значения рабочей скорости  $V^* = 1,67 - 2,09 \text{ м/с}$  агрегата находятся внутри рационального скоростного диапазона  $(V_{opt}^* - V_{\max}^*) = 1,67 - 2,20 \text{ м/с}$  для отвальной вспашки при  $\Delta K = 0,15 - 0,18 \text{ с}^2/\text{м}^2$ . При этом максимальная техническая производительность и минимальные удельные энергозатраты достигаются в зоне  $\varphi_{KP} \geq \varphi_{KP \max}$ .

Левая часть характеристики соответствует работе агрегата с относительно низкими значениями тяговой нагрузки ( $\varphi_{KP} < \varphi_{KPopr}$ ) на скоростях, превышающих рациональный диапазон для указанной технологической операции. Использование пахотного агрегата по показателям производительности, удельных энергетических и топливных затрат в этой части характеристики не рационально.

Оснащение трактора сдвоенными колесами увеличивает на 13% эксплуатационную массу и максимальное значение тягового КПД  $\eta_{Tmax}$  с 0,675 до 0,714, существенно (от 0,34 до 0,49) расширяет диапазон ( $\varphi_{KPopr} - \varphi_{KPmax}$ ). Для всех операций при  $\varphi_{KP}^* = idem$  изменение рабочей скорости  $\lambda_v^* \approx 1,0$ , поскольку  $\lambda_g \approx \lambda_{\eta_T}$ . При этом повышение чистой производительности агрегата  $W$  обеспечивается только за счет изменения эксплуатационной массы трактора ( $\lambda_w \approx \lambda_{m_0}$ ), а снижение удельных энергетических и топливных затрат – за счет повышения тягового КПД трактора ( $\lambda_{E_{II}} = \lambda_{g_w} = 1/\lambda_{\eta_T}$ ).

Использование трактора К-744Р<sub>1</sub> на безотвальной и поверхностной обработке почвы характеризуется низкими значениями тяговой нагрузки, поскольку обеспечение рациональных скоростных диапазонов ( $V_{opr}^* - V_{max}^*$ ), равных 2,10–2,84 и 2,80–3,83 м/с соответственно, на этих операциях возможно только в левой части характеристики при  $\varphi_{KP} < \varphi_{KPopr}$  (рис.2). Изменение рабочей скорости  $\lambda_v^*$  при  $\varphi_{KP}^* = idem$  соответствует величине  $\lambda_{\xi_N}^*$ .

Указанное обусловлено недостаточной энергонасыщенностью трактора для обеспечения рациональных скоростных диапазонов на операциях глубокой безотвальной и поверхностной обработки почвы.

Использование более энергонасыщенного трактора серии К-744Р приводит к возрастанию рабочей скорости п/о агрегата любого назначения на величину  $\lambda_v^* = \lambda_{\xi_N}^* \cdot \lambda_g$ . Рост производительности и удельных энергозатрат составляет при этом  $\lambda_w = \lambda_v^* \cdot \lambda_{m_0} / \lambda_{\mu_K}$  и  $\lambda_{E_{II}} = \lambda_{\mu_K} / \lambda_{\eta_T}$  соответственно.

Вероятность того, что момент сопротивления на коленчатом валу двигателя  $M_c$ , подчиненный закону нормального распределения с коэффициентом вариации  $\nu_{MC}$ , примет значения, соответствующие касательной силе тяги  $P_K \leq P_{Kmax}$  при коэффициенте сцепления  $\varphi \leq \varphi_{max} = (\varphi_{KPmax} + f)$ , определится значением двойной функции Лапласа [1]

$$2\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-t}^{+t} e^{-t^2} / 2dt, \quad (10)$$

где  $t = (M_c - \overline{M_c}) / \sigma_{Mc}$ .

В таблице 1 показана вероятность использования п/о агрегатов при допустимом буксовании тракторов серии К-744Р в зависимости от математического ожидания  $\overline{\varphi}$ ,  $\nu_{MC}$  и комплектации ходовой системы. В режиме  $\eta_{Tmax}$  на одинарных ( $\varphi_{opr} = 0,47$ ,  $\varphi_{KPopr} = 0,37$ ) и сдвоенных ( $\varphi_{opr} = 0,40 - 0,41$ ,  $\varphi_{KPopr} = 0,34 - 0,35$ ) колесах вероятность  $2\Phi(t)$  на отвальной вспашке при  $\nu_{MC} = 0,10$  составляет 0,954 и 1,00 соответственно. При  $\nu_{MC} = 0,07$  ее значение на одинарных колесах повышается до 0,991.

Таблица 1

**Вероятность использования тракторов серии К-744Р в интервале нагрузок при допустимом буксовании (фон-стерня)**

Комплектация	$\overline{\varphi}$	$\nu_{MC} = 0,10$		$\nu_{MC} = 0,07$	
		$t$	$2\Phi(t)$	$t$	$2\Phi(t)$
Одинарные колеса	$\varphi_{opr} = 0,47$	1,700	0,954	2,430	0,991
	$\overline{\varphi} = 0,51$	0,784	0,781	1,120	0,867
Сдвоенные колеса	$\varphi_{opr} = 0,41$	3,000	1,000	3,000	1,000
	$\overline{\varphi} = 0,47$	1,370	0,913	1,960	0,974

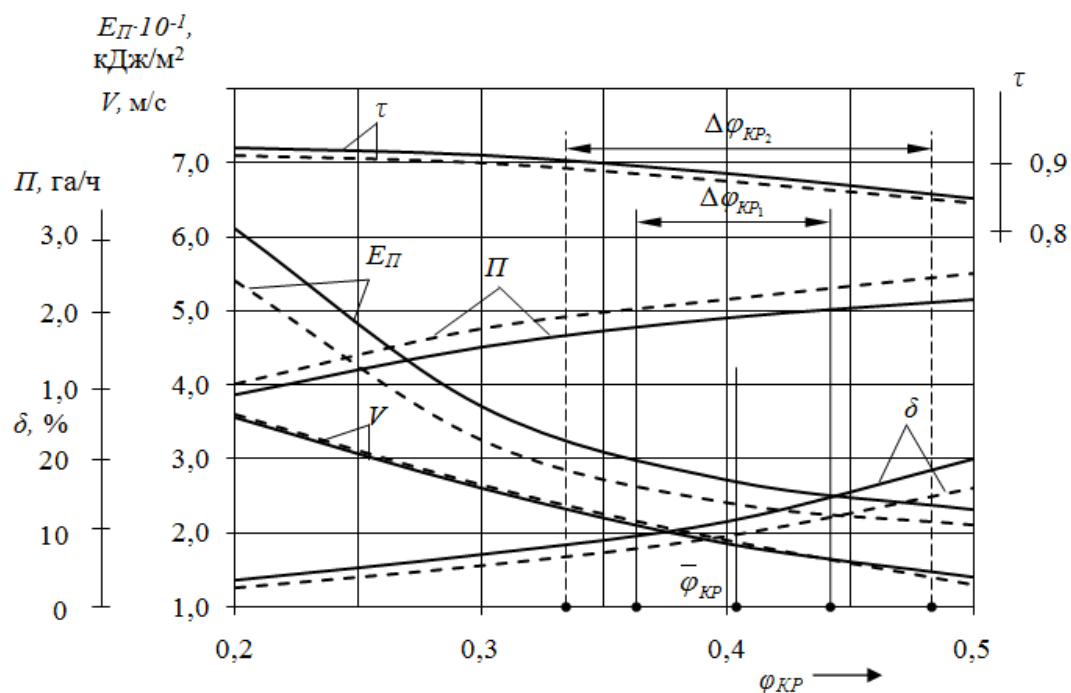


Рис. 1. Потенциальные возможности пахотного агрегата ( $\Delta K = 0,15 \text{ с}^2/\text{м}^2$ ,  $v_{MC} = 0,10$ ) на базе трактора К-744Р<sub>1</sub>; — — — — — одинарные колеса; — — — — — двойные колеса

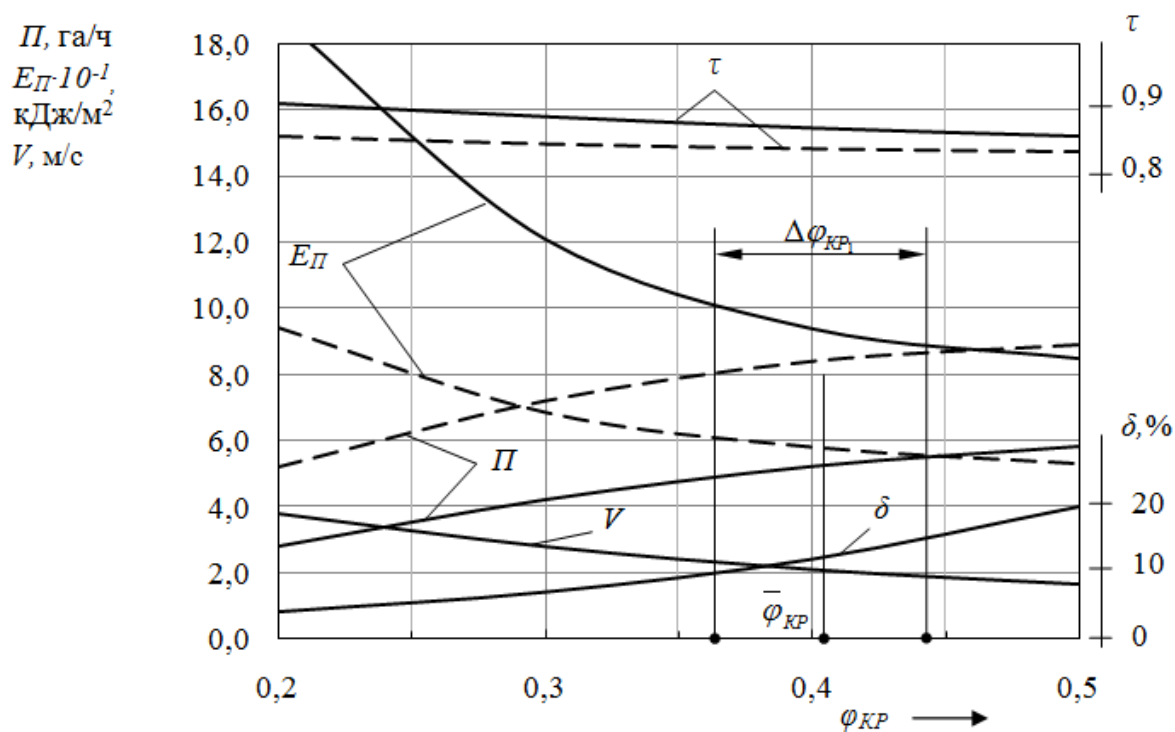


Рис. 2. Потенциальные возможности почвообрабатывающих агрегатов на базе трактора К-744Р<sub>1</sub> с одинарными колесами: — — — — — безотвальная обработка ( $\Delta K = 0,10 \text{ с}^2/\text{м}^2$ ,  $v_{MC} = 0,07$ ); — — — — — сплошная (поверхностная) обработка ( $\Delta K = 0,06 \text{ с}^2/\text{м}^2$ ,  $v_{MC} = 0,07$ )

В режиме  $\bar{\varphi} = (\varphi_{opt} + \varphi_{max})/2$  функция  $2\Phi(t)$  снижается на отвальной вспашке до 0,781 и 0,913, а на безотвальной и поверхностной обработке до 0,867 и 0,974.

Приведенные значения функции  $2\Phi(t)$  при разных  $\nu_{MC}$  свидетельствуют, что при функционировании п/о агрегатов на базе тракторов серии К-744Р номинальный тяговый режим, по условиям допустимого буксования, следует выбирать в пределах  $\varphi_{KPopr} \leq \varphi_{KPH} = \bar{\varphi}_{KP}$ .

Результаты моделирования потенциальных возможностей пахотных агрегатов ( $\Delta K = 0,15 - 0,18 \text{ м}^2/\text{с}^2$ ) на базе тракторов серии К-744Р с одинарными колесами при  $\varphi_{KPH} = \varphi_{opt} = 0,37$  (табл. 2) показали, что по чистой и технической производительности наивысшие показатели характерны для агрегата на базе трактора К-744Р<sub>3</sub>. Однако по удельным энергетическим и топливным затратам он находится только на третьем месте, а минимальные их значения характерны для агрегата на базе трактора К-744Р<sub>1</sub>. По удельным энергозатратам на единицу чистой производительности лучшие показатели обеспечивает пахотный агрегат на базе К-744Р<sub>1</sub>. Второе и третье место по этому критерию ресурсосбережения занимают агрегаты на базе тракторов серии К-744Р<sub>3</sub> и К-744Р<sub>2</sub>. У агрегатов с тракторами К-744Р<sub>2М</sub> и К-744Р<sub>3М</sub> значения  $E_{пп}$  выше минимальных (К-744Р<sub>1</sub>) на 47–69%.

На безотвальной и поверхностной обработке почвы номинальные рабочие скорости всех тракторов находятся внутри диапазонов  $(V_{opt}^* - V_{max}^*)_i$  (табл. 3). Лидирующие позиции по производительности занимают агрегаты на базе тракторов К-744Р<sub>3</sub> и К-744Р<sub>3М</sub>, а по удельным энергозатратам – на базе трактора К-744Р<sub>1</sub>, что обусловлено более низкой его рабочей скоростью. На безотвальной комбинированной обработке лучший показатель ( $E_{пп} = \min$ ) обеспечивает трактор К-744Р<sub>3</sub>, на втором месте – К-744Р<sub>1</sub>. Последние места занимают высокофорсированные тракторы К-744Р<sub>2М</sub> и К-744Р<sub>3М</sub> при  $\lambda_{Enp} = 1,29 - 1,33$ . На поверхностной обработке первое место по условиям ресурсосбережения обеспечивает трактор К-744Р<sub>3</sub>, на втором месте – К-744Р<sub>2</sub>. Наихудшие показатели у агрегатов с тракторами К-744Р<sub>2М</sub>, К-744Р<sub>3М</sub> и К-744Р<sub>1</sub> при  $\lambda_{Enp} = 1,136 - 1,227$ .

Потенциальные показатели п/о агрегатов существенно улучшаются при увеличении номинального тягового усилия до  $P_{KPH} = \frac{m_3 g}{2} (\varphi_{KPopr} + \varphi_{KPHmax})$  (табл.4), что следует из (9):  $\lambda_w^* = \lambda_v^* \cdot \lambda \varphi_{KP}^* / \lambda \mu_K$ ;  $\lambda_{EII}^* = \lambda \mu_K / \lambda \eta_T$  и  $\lambda_{Enp}^* = \lambda^2 \mu_K / \lambda \varphi_{KP}^* \cdot \lambda \eta_T^* \lambda_v^*$ .

На отвальной вспашке  $\lambda_w^* = 1,12 - 1,15$ ,  $\lambda_{EII}^* = 0,87 - 0,91$ ,  $\lambda_{Enp}^* = 0,76 - 0,81$ , причем большие значения  $\lambda_w^*$  и меньшие  $\lambda_{EII}^*$  и  $\lambda_{Enp}^*$  характерны для тракторов К-744Р<sub>2М</sub> и К-744Р<sub>3М</sub>.

Таблица 2

**Потенциальные показатели эффективности пахотных агрегатов на базе тракторов серии К-744Р**  
(одинарные колеса, режим  $\eta_{Tmax}$ , ( $\varphi_{KPopr} = 0,37$ )  $K_{об} = 0,95$ )

Марка трактора	$N_{вз/g_{вн}}$ , кВт/ (г/кВт·ч)	$\Delta t$ , Вт/кг	$K_m = \frac{M_{max}}{M_n}$	$\xi_N^*$	$\Delta K$ , с <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	$V^*$ , м/с	$W$ , м <sup>2</sup> /с	$\Pi$ , га/ч	$E_{II}$ , $\frac{кДж}{м^2}$	$g_w$ , кг/га	$E_{np}$ , $\frac{кДж}{м^4/с}$	Ме- сто
К-744Р <sub>1</sub>	205/220	13,76	1,20	0,87	0,15	2,09	5,89	1,85	29,3	17,87	4,97	I
					0,18	2,09	5,79	1,76	80,8	18,77	5,32	
К-744Р <sub>2</sub>	235/212	14,99	1,30	0,95	0,15	2,49	6,35	1,92	35,2	20,7	5,54	III
					0,18	2,49	5,89	1,79	37,9	22,3	6,43	
К-744Р <sub>2М</sub>	250/205	16,43	1,40	1,03	0,15	2,96	5,93	1,80	43,4	24,7	7,32	IV–V
					0,18	2,96	5,39	1,64	47,8	27,2	8,88	
К-744Р <sub>3</sub>	265/212	15,14	1,30	0,95	0,15	2,52	7,06	2,10	35,7	21,0	5,06	II
					0,18	2,52	6,54	1,95	38,5	22,6	5,89	
К-744Р <sub>3М</sub>	298/205	17,53	1,38	1,03	0,15	3,16	6,48	1,95	47,4	26,9	7,31	IV–V
					0,18	3,16	5,85	1,76	52,5	29,8	8,98	

Таблица 3

Потенциальные показатели эффективности почвообрабатывающих агрегатов (для безотвальной и поверхностной обработки) на базе тракторов серии К-744Р (одинарные колеса, режим  $\eta_{T \max}$ ,

$$(\varphi_{KPo\text{pt}} = 0,37) K_{об} = 0,92)$$

Марка трактора	$\xi_N^*$	$V^*$ , м/с	$\Delta K$ , с <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	$W$ , м <sup>2</sup> /с	$\Pi$ , га/ч	$E_{\Pi}$ , $\frac{\kappa Дж}{м^2}$	$g_w$ , кг/га	$E_{np}$ , $\frac{\kappa Дж}{м^4 / с}$	Место
К-744Р <sub>1</sub>	0,95	2,29	0,10	19,42	5,02	10,03	6,11	0,516	II
			0,06	33,35	8,06	5,83	3,55	0,175	III–IV
К-744Р <sub>2</sub>	1,03	2,70	0,10	20,88	5,33	11,59	6,81	0,555	III
			0,06	37,57	9,06	6,44	3,78	0,171	II
К-744Р <sub>2</sub> М	1,09	3,13	0,10	20,19	5,17	13,49	7,66	0,668	V
			0,06	37,95	9,14	7,18	4,08	0,189	V
К-744Р <sub>3</sub>	1,03	2,73	0,10	23,32	5,88	11,71	6,87	0,502	I
			0,06	42,07	10,01	6,49	3,81	0,154	I
К-744Р <sub>3</sub> М	1,09	3,34	0,10	22,36	5,67	14,52	8,25	0,649	IV
			0,06	42,85	10,18	7,58	3,76	0,177	III–IV

На других видах почвообработки отличие потенциальных показателей агрегатов менее существенно при сохранении закономерности их изменения от энергонасыщенности трактора. Так, для  $\Delta K = 0,10$  с<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>  $\lambda_w^* = 1,077 - 1,122$ ,  $\lambda_{E_{\Pi}}^* = 0,892 - 0,923$ ,  $\lambda_{E_{np}}^* = 0,795 - 0,862$ , а для  $\Delta K = 0,06$  с<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> –  $\lambda_w^* = 1,048 - 1,086$ ,  $\lambda_{E_{\Pi}}^* = 0,921 - 0,953$ ,  $\lambda_{E_{np}}^* = 0,848 - 0,911$ .

Таблица 4

Потенциальные показатели эффективности почвообрабатывающих агрегатов на базе тракторов серии К-744Р (одинарные колеса, режим  $\bar{\varphi}_{KP} = 0,5(\varphi_{KPo\text{pt}} + \varphi_{KP \max})^* = 0,41$ )

Марка трактора	$\Delta K$ , с <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	$V^*$ , м/с	$W$ , м <sup>2</sup> /с	$\Pi$ , га/ч	$E_{\Pi}$ , $\frac{\kappa Дж}{м^2}$	$g_w$ , кг/га	$E_{np}$ , $\frac{\kappa Дж}{м^4 / с}$	Место
К-744Р <sub>1</sub>	0,15	1,88	6,68	2,00	26,71	16,28	4,00	I
	0,10	2,05	20,92	5,34	9,31	5,67	0,445	II
	0,06	2,05	34,96	8,33	5,57	3,40	0,159	IV
К-744Р <sub>2</sub>	0,15	2,24	7,10	2,11	31,46	18,48	4,43	III
	0,10	2,43	22,89	5,76	10,58	6,21	0,462	III
	0,06	2,43	39,94	9,57	6,06	3,56	0,152	III
К-744Р <sub>2</sub> М	0,15	2,66	6,75	2,02	38,14	21,66	5,65	V
	0,10	2,81	22,49	5,70	12,12	3,78	0,163	V
	0,06	2,81	40,93	9,78	6,66	18,68	4,02	II
К-744Р <sub>3</sub>	0,15	2,26	7,92	2,32	31,80	18,68	4,02	II
	0,10	2,45	25,58	6,38	10,67	6,27	0,417	I
	0,06	2,45	44,77	10,57	6,10	3,58	0,136	I
К-744Р <sub>3</sub> М	0,15	2,84	7,43	2,20	41,32	23,47	5,56	IV
	0,10	3,00	25,08	6,27	12,95	7,36	0,516	IV
	0,06	3,00	46,53	10,93	6,98	3,96	0,150	II

Таблица 5

Потенциальные показатели эффективности почвообрабатывающих агрегатов на базе тракторов серии К-744Р (сдвоенные колеса, режим  $\bar{\varphi}_{KP} = 0,5(\varphi_{KPopr} + \varphi_{KPmax})^* = 0,41$ )

Марка трактора	$\Theta_2$ , Вм/кг	$\Delta K$ , с <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	$V^*$ , м/с	$W$ , м <sup>2</sup> /с	$\Pi$ , га/ч	$E_{\Pi}$ , $\frac{\kappa ДЖ}{м^2}$	$g_w$ , кг/га	$E_{np}$ , $\frac{\kappa ДЖ}{м^4/с}$	Место
К-744Р <sub>1</sub>	12,13	0,15	1,86	7,56	2,23	23,59	14,38	3,12	II
		0,10	2,03	23,64	5,95	8,24	5,02	0,349	II
		0,06	2,03	39,40	9,18	4,94	3,01	0,125	IV–V
К-744Р <sub>2</sub>	13,22	0,15	2,21	8,05	2,35	27,74	16,29	3,45	III
		0,10	2,40	25,91	6,45	9,34	5,49	0,360	III
		0,06	2,40	45,07	10,63	5,37	3,15	0,119	III
К-744Р <sub>2</sub> М	14,43	0,15	2,62	7,71	2,27	33,42	18,98	4,33	V
		0,10	2,77	25,59	6,38	10,65	6,05	0,416	V
		0,06	2,77	46,36	10,90	5,88	3,34	0,127	IV–V
К-744Р <sub>3</sub>	13,25	0,15	2,22	9,05	2,60	27,81	16,33	3,07	I
		0,10	2,40	29,15	7,15	9,36	5,50	0,321	I
		0,06	2,40	50,75	11,77	5,38	3,16	0,106	I
К-744Р <sub>3</sub> М	15,28	0,15	2,77	8,57	2,48	35,82	20,34	4,18	IV
		0,10	2,93	28,80	7,07	11,28	6,41	0,392	IV
		0,06	2,93	53,07	12,23	6,12	3,48	0,115	II

При установке сдвоенных колес изменение основных показателей эффективности п/о агрегатов обусловлено соотношениями, полученными из формул (9). При  $\varphi_{KP}^* = idem$   $\lambda_v^* = \lambda_s \cdot \lambda^* \eta_T$ ,  $\lambda_w^* = \lambda \eta_T / \lambda \mu_K$ ,  $\lambda_{E_{\Pi}}^* = \lambda \mu_K / \lambda^* \eta_T$ ,  $\lambda_{E_{np}}^* = \lambda \mu_K^2 / \lambda^* \eta_T^2$ .

В таблице 5 приведены значения основных показателей п/о агрегатов на сдвоенных колесах при  $\bar{\varphi}_{KP} = 0,5(\varphi_{KPopr} + \varphi_{KPmax}) = 0,41$ . Ведущие позиции по условиям ресурсосбережения ( $E_{np} = \min$ ) на всех операциях обеспечивает трактор К-744Р<sub>3</sub>, наименьшая эффективность достигнута агрегатами на базе трактора К-744Р<sub>2</sub>М. При практически неизменной рабочей скорости ( $\lambda_v^* \approx 0,980$ ) для указанных моделей тракторов серии К-744Р на всех операциях  $\lambda_w^* = 1,13 - 1,15$ ,  $\lambda_{E_{\Pi}}^* = 0,87 - 0,89$ ,  $\lambda_{E_{np}}^* = 0,75 - 0,78$ .

### Выводы

1. Предложены критерии и получены характеристики потенциальных возможностей почвообрабатывающих агрегатов разного технологического назначения, позволившие обосновать рациональные по производительности и удельным энергозатратам номинальный тяговый режим, соответствующий  $\varphi_{KPopr} \leq \varphi_{KPH} \leq \bar{\varphi}_{KP}$  и тяговый диапазон их использования в условиях вероятностной нагрузки, ограниченный  $\varphi_{KPmax}$  при допустимом буксовании.

2. Сравнительной оценкой показателей эффективности почвообрабатывающих агрегатов установлено, что использование тракторов серии К-744Р в номинальном тяговом режиме при  $\varphi_{KPH} = \bar{\varphi}_{KP} = 0,5(\varphi_{KPopr} + \varphi_{KPmax})$  позволяет повысить чистую производительность и снизить удельные энергетические и топливные затраты, по сравнению с режимом  $\varphi_{KPH} = \varphi_{KPopr}$ , на 12–14% для отвальной вспашки и на 5–12% для безотвальной и поверхностной обработки при улучшении основного показателя ресурсосбережения  $E_{np}$  до 19–24 и 5–12% соответственно.



3. Наивысшую эффективность по критерию ресурсосбережения  $E_{np} = \min$  при выполнении операций основной обработки почвы, независимо от  $\varphi_{КРН}$ , обеспечивают агрегаты на базе тракторов:

- отвальная вспашка К-744Р<sub>1</sub> и К-744Р<sub>3</sub>;
- глубокая культивация – К-744Р<sub>3</sub> и К-744Р<sub>1</sub>;
- поверхностная обработка – К-744Р<sub>3</sub> и К-744Р<sub>3</sub>М.

4. Оснащение тракторов серии К-744Р сдвоенными колесами обеспечивает повышение производительности и снижение удельных энергозатрат при  $\varphi_{КРН} = \overline{\varphi_{КР}}$  на 13–15%. Наивысшую эффективность по критерию  $E_{np} \rightarrow \min$  имеют агрегаты разного технологического назначения на базе трактора К-744Р<sub>3</sub>.

### Литература

1. Селиванов Н.И., Запрудский В.Н. Эффективность технологического процесса // Вестн. КрасГАУ. – Красноярск, 2012. – №4. – С. 179–185.
2. Основы теории мобильных с-х. агрегатов / В.А. Самсонов [и др.]. – М.: Колос, 2000. – 248 с.



УДК 630.432.31

И.С. Федорченко

### РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГРУНТОМЕТА ЛЕСОПОЖАРНОГО

*Определены следующие параметры работы грунтомета: окружная скорость фрез по концам ножей, угол наклона фрезы к обрабатываемой поверхности и глубина резания грунта, обеспечивающие получение качественной опорной полосы с равномерным распределением грунта по всей ширине ее отсыпной части.*

**Ключевые слова:** эксперимент, грунтомет лесопожарный, результаты эксперимента.

I.S. Fedorchenko

### EXPERIMENTAL RESEARCH RESULTS OF THE SOIL THROWER FOR FOREST FIRES SUPPRESSION

*The parameters of soil thrower work such as cutter peripheral speed on the knives edge, cutter gradient angle to the processed surface and the depth of soil cutting are determined in the article. These parameters provide receiving qualitative back up line with the uniform distribution of soil on the whole width of its landfilling part.*

**Keywords:** experiment, soil thrower for forest fires suppression, results of experiment.

---

Известно, что на долю лесных пожаров приходится около 60% всех древостоев, ежегодно погибающих от негативного воздействия всего комплекса антропогенных и природных факторов [1].

Профилактика, локализация и тушение лесных пожаров были и остаются одними из основных проблем в лесном хозяйстве. Доля низовых пожаров при этом может достигать 90 % от общей площади, поврежденной огнем. Поэтому задача борьбы с лесными низовыми пожарами является актуальной.

Основными способами борьбы с лесными низовыми пожарами являются: захлестывание кромки огня, засыпка его землей, заливка водой (химикатами), создание заградительных и минерализованных полос, пуск встречного огня (отжиг) [2].

Наиболее распространенным средством для тушения и локализации такого вида пожаров был и остается грунт, так как в древостоях, произрастающих на сухих почвах, в равнинных условиях всегда в непосредственной близости от кромки огня грунт имеется в неограниченном количестве. При этом применяются специальные агрегаты, позволяющие создавать заградительные минерализованные полосы, а также значительно снижать интенсивность, а в некоторых случаях тушить пожар посредством метания грунта в зону горения.

Одним из таких агрегатов является разработанный [3] и изготовленный на кафедре «Автомобилей, тракторов и лесных машин» Сибирского государственного технологического университета экспериментальный образец лесопожарного грунтомета [4], предназначенный для решения вышеописанной задачи.