

## АДАПТАЦИЯ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ К ТЕХНОЛОГИЯМ ПОЧВООБРАБОТКИ

Селиванов Н.И.<sup>1</sup>, Макеева Ю.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет», Красноярск, Россия (660049, г. Красноярск, пр. Мира, 90), e-mail: ulya.makeeva1982@yandex.ru

Проведен анализ цельнозамкнутых технологий обработки почвы и посева разных групп с обоснованными значениями номинальной скорости и полями ее двухстороннего допуска в условиях вероятностного характера тяговой нагрузки. Показано, что технологическая адаптация колесных тракторов общего назначения с установленными техническими характеристиками к режиму рабочего хода отдельной группы родственных операций почвообработки обеспечивается изменением эксплуатационной массы путем балластирования для достижения оптимального значения основного показателя технологичности – удельной материалоемкости. В качестве критерия эффективности использования тракторов с переменной массой в зональных технологиях почвообработки принято максимальное значение тягового КПД, определяющее удельную производительность агрегата. Установлена функциональная взаимосвязь удельной материалоемкости и критерия эффективности, обоснованы ее рациональные значения и интервалы изменения с учетом занятости в зональных технологиях почвообработки агропромышленного комплекса Красноярского края.

Ключевые слова: адаптация, балластирование, масса, технология почвообработки, удельная материалоемкость, эффективность.

## ADAPTATION OF TECHNOLOGIES TO WHEELED TRACTOR TILLAGE

Selivanov N.I.<sup>1</sup>, Makeeva Y.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Krasnoyarsk state agrarian University, Krasnoyarsk, Russia (660049, Krasnoyarsk, World Prospect, 90), e-mail: ulya.makeeva1982@yandex.ru

The analysis of technologies of tillage and sowing of different groups with reasonable values of the rated speed and its fields of bilateral tolerance in terms of the probabilistic nature of traction load. It is shown that technological adaptation of wheeled tractors' utility with established technical specifications to the mode of working of the progress of individual groups of related operations tillage is provided by the change in operating weight by ballasting to achieve the optimal value of the main index of the technology - specific material. As a criterion of the effectiveness and use of tractors with variable mass in the zonal tillage technologies adopted maximum value of the tractive efficiency that determines the specific productivity of the unit. Established functional relationship between specific energy consumption and efficiency criterion is justified by her rational values and change intervals on the basis of employment in the zonal tillage technologies of agro-industrial complex of Krasnoyarsk region.

Keywords: adaptation, ballasting, weight, technology of a soil tillage, specific material capacity, efficiency.

Для возделывания зерновых, кормовых и технических культур применяются в основном три вида цельнозамкнутых технологий обработки почвы и посева с разной энергоемкостью при установленных значениях номинальной скорости  $V_H^*$  и полей ее двухстороннего допуска  $\pm \Delta V$  в условиях вероятностного характера тяговой нагрузки [1; 2; 4]: традиционная с осенней зяблевой вспашкой при  $V_H^* = 2,20 \pm 0,25$  м/с; минимальная с осенней безотвальной глубокой обработкой почвы с  $V_{H2}^* = 2,65 \pm 0,35$  м/с; минимальная с поверхностной обработкой почвы и нулевая с одновременной поверхностной обработкой и посевом при  $V_{H3}^* = 3,33 \pm 0,50$  м/с. Каждый вид указанных технологий основной обработки почвы образует группу из ряда родственных по энергоемкости и агротехническим требованиям операционных технологий, которая характеризуется осредненным значением

удельного сопротивления  $K_0$  при скорости  $V_0 = 1,4$  м/с, его приращением в зависимости от скорости  $\mu_K = [1 + \Delta K \cdot (V^2 - V_0^2)]$  и коэффициентом вариации  $\nu_{K0}$ .

Основу современного рынка тракторов общего назначения составляют унифицированные разных типоразмеров мобильные энергетические средства с колесной формулой 4к4 и изменяющимися в широком диапазоне мощностью двигателя  $N_{\text{еэ}}$  и эксплуатационной массой  $m_{\text{э}}$ .

Сущность технологической адаптации таких тракторов заключается в обосновании удельной материалоемкости  $m_{\text{уд}}^* = m_{\text{э}} / (\xi_N^* \cdot N_{\text{еэ}})$  [3] для каждой из установленных групп родственных операций почвообработки с учетом природных условий и их конструктивных особенностей, обеспечивающих применение следующих основных принципов адаптации и адаптеров [2]:

- регулирование мощности двигателя изменением массового расхода топлива  $G_T$  и номинальной частотой вращения  $n_H$ ;
- изменение эксплуатационной массы путем балластирования, установки сдвоенных колес и применения догружающих устройств.

Адаптация тракторов с установленными техническими характеристиками к режиму рабочего хода отдельной группы родственных операций почвообработки предполагает [1] изменение эксплуатационной массы для достижения  $m_{\text{уд}}^*$ . Поэтому актуальным является оценка эффективности использования колесных тракторов с переменной массой в технологиях почвообработки.

**Настоящее исследование проводится с целью** сравнительной оценки эффективности использования колесных 4к4 тракторов с разной удельной материалоемкостью в технологиях основной обработки почвы.

Для достижения поставленной цели предусматривается решение следующих задач:

- 1) обосновать критерии эффективности использования тракторов на операциях почвообработки;
- 2) дать сравнительную оценку эффективности тракторов с разной удельной материалоемкостью на родственных операциях почвообработки установленных групп;
- 3) определить рациональный интервал изменения удельной материалоемкости колесных тракторов с учетом занятости в технологиях почвообработки.

**Методы исследования** в настоящей работе основаны на принципах системной адаптации мобильных энергосредств к производственным условиям. Рациональный тяговый диапазон трактора ограничен с одной стороны режимом допустимого буксования  $\delta_d$ , при максимальном значении коэффициента использования веса  $\varphi_{\text{крmax}} = \varphi_{\text{крH1}}$  для выполнения первой, наиболее энергоемкой, группы операций со скоростью  $V_{H1}^* = 2,20$  м/с и режимом

максимального тягового КПД  $\eta_{Tmax}$ , соответствующим  $\varphi_{KPOpt} = \varphi_{KР3}$  для третьей, наименее энергоемкой, группы операций при  $V_{H3}^* = 3,33$  м/с. Для выполнения родственных операций второй группы  $\varphi_{KPH2} = \bar{\varphi}_{KP} = 0,5 \cdot (\varphi_{KРmax} + \varphi_{KPOpt})$  на скорости  $V_{H2}^* = 2,65$  м/с.

Диапазону  $(\varphi_{KРmax} - \varphi_{KPOpt})$  соответствует интервал изменения удельной материалоемкости от максимальной  $m_{уд1}^*$ , до минимальной  $m_{уд3}^*$ , соотношение которых не должно превышать максимально допустимое увеличение наименьшего (базового) значения массы трактора  $m_{Э0}$  за счет балластирования, [3]  $\lambda m_{Эmax} = (m_{Э0} + m_{Bmax})/m_{Э0}$

$$\lambda m_{удmax} = m_{уд1}^*/m_{уд3}^* \leq \lambda m_{Эmax}. \quad (1)$$

При известном соотношении  $m_{Э0}/(\xi_N^* \cdot N_{eЭ}) = m_{уд0} = a \cdot m_{уд1}^*$ , значения удельной массы общего балласта  $m_{Biyд}$  для каждой группы операций выразятся как:

$$\begin{cases} m_{B1уд} = m_{уд1}^* \cdot (1 - a); \\ m_{B2уд} = m_{уд2}^* - a \cdot m_{уд1}^*; \\ m_{B3уд} = m_{уд3}^* - a \cdot m_{уд1}^* \end{cases} \quad (2)$$

Основным показателем эффективности трактора с разными значениями  $m_{уд}^*$  на операциях почвообработки является удельная производительность  $W_{уд}$  (м<sup>2</sup>/Дж)

$$W_{уд} = m_{уд}^* \cdot g \cdot \varphi_{KPH} \cdot V_H/K_0 \cdot \mu_K. \quad (3)$$

Используя соотношение основных параметров трактора [3]

$$V_H = \eta_{TH} \cdot 10^3/g \cdot \varphi_{KPH} \cdot m_{уд}^*, \quad (4)$$

уравнение (3) примет вид

$$W_{уд} = \eta_{TH} \cdot 10^3/K_0 \cdot \mu_K. \quad (5)$$

Таким образом, удельная производительность, при прочих равных условиях ( $K_0, \mu_K = idem$ ), прямо пропорциональна тяговому КПД трактора.

При известных значениях КПД трансмиссии  $\eta_{TR}$ , сопротивления качению  $\eta_f = \varphi_{KP}/(\varphi_{KP} + f)$  и буксования  $\delta = a \cdot \varphi_{KP}/(b - \varphi_{KP})$  тяговый КПД трактора [5] в диапазоне  $(\varphi_{KРmax} - \varphi_{KPOpt})$  выразится как

$$\eta_T = \eta_{TR} \cdot \left[ \frac{\varphi_{KP}}{\varphi_{KP} + f} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{a \cdot \varphi_{KP}}{(b - \varphi_{KP})} \right]. \quad (6)$$

Зависимость  $\eta_T = f(\varphi_{KP})$  при  $\eta_{TR}$  и  $f = const$  определяется характером изменения буксования  $\delta = f_1(\varphi_{KP})$ . На всех режимах при одинаковых значениях  $\varphi_{KP}$ , независимо от величины  $m_{уд}^*$ , тяговый КПД остается неизменным. Однако уменьшение  $m_{уд}^*$  приводит к соответствующему повышению скорости  $V_H^*$  из условия  $\lambda V_H \cdot \lambda m_{уд} = 1$ .

Работа трактора с разной  $m_{уд}^*$  на скорости  $V_H^* = idem$  характеризуется взаимосвязью удельной материалоемкости и параметров тягового режима

$$\lambda\eta_T = \lambda\varphi_{\text{КР}} \cdot \lambda m_{\text{уд}}. \quad (7)$$

Поэтому уменьшение  $m_{\text{уд}}^*$  всегда сопровождается возрастанием  $\varphi_{\text{КР}}$  и буксования с одновременным повышением  $\eta_f$ , что формирует в конечном итоге значение тягового КПД трактора.

Удельные затраты мощности на перемещение трактора в интервале рабочих скоростей ( $V_{\text{НЗ}}^* - V_{\text{Н1}}^*$ )

$$N_{f0} = N_f / N_{\text{еэ}} = m_{\text{уд}}^* \cdot g \cdot f \cdot V. \quad (8)$$

КПД сопротивления качению при этом выразится как

$$\eta_f = \left( 1 - \frac{m_{\text{уд}}^* \cdot g \cdot f \cdot V}{\eta_{\text{ТР}} \cdot \eta_6} \right). \quad (9)$$

Из зависимостей (8) и (9) следует, что затраты мощности на перемещение  $N_{f0}$  при  $f = \text{const}$  и снижение  $\eta_f$  пропорциональны удельной материалоемкости  $m_{\text{уд}}^*$  и номинальной скорости  $V_{\text{Н}}^*$  трактора. Тяговый КПД трактора, с учетом (9), определится по формуле

$$\eta_T = (\eta_{\text{ТР}} \cdot \eta_6 - m_{\text{уд}}^* \cdot g \cdot f \cdot V_{\text{Н}}^* \cdot 10^{-3}). \quad (10)$$

Номинальное значение рабочей скорости для родственных операций с двухсторонним контрольным допуском в условиях вероятностного характера тяговой нагрузки можно выразить как [1]

$$V_{\text{Н}}^* = 0,5 \cdot (V_{\text{opt}} + V_{\text{max}})_i. \quad (11)$$

Контрольный допуск  $\Delta V_i$  представляет собой интервал средних значений скорости, ограниченный  $V_{\text{opt}i}$  и  $V_{\text{max}i}$ . При равенстве коэффициентов вариации частоты вращения  $v_n$  и момента сопротивления  $v_{\text{МС}}$  на коленчатом валу  $v_n \approx v_{\text{МС}}$  для дизеля постоянной мощности (ДПМ)

$$\Delta V_i = 0,5 \cdot (V_{\text{max}} + V_{\text{opt}})_i = (K\sigma_V), \quad (12)$$

где  $V_{\text{max}i}$  и  $V_{\text{opt}i}$  – верхняя и нижняя границы контрольного допуска.

Вероятность нахождения среднего значения скорости  $V_{\text{Н}}^*$  в зоне двухстороннего допуска при нормальном законе распределения определится из выражения

$$P_{\Delta} = \Phi(t_1) - \Phi(t_2), \quad (13)$$

где  $\Phi(t)$  – функция Лапласа;  $t_1 = (V_{\text{max}} - V_{\text{Н}}^*)/\sigma_V$ ,  $t_2 = (V_{\text{opt}} - V_{\text{Н}}^*)/\sigma_V$  – аргументы функции Лапласа.

Среднее значение тягового КПД трактора  $\bar{\eta}_T$  и соответствующая ему удельная производительность при вероятностном характере скорости движения определяются как [5]

$$\bar{\eta}_T(W_{\text{уд}}) = \int f(V) \cdot \varphi(V) \cdot dV. \quad (14)$$

Влияние характеристики распределения скорости на энергетические и технико-экономические показатели трактора оценивается коэффициентом адаптации  $\lambda\eta_T = \bar{\eta}_T/\eta_{Tmax}$ .

**Результаты исследования и их обсуждение.** Использование экспериментальных зависимостей  $\eta_T, \delta = f(\varphi_{КРП})$  [3] позволило обосновать оптимальные значения  $m_{уд}^*$  тракторов 4к4а на одинарных и сдвоенных колесах для установленных групп родственных операций почвообработки (табл. 1).

**Таблица 1**

Оптимальные значения  $m_{уд}^*$  для операций основной обработки почвы

Группа операций	$V_H, м/с$ (км/ч)	Одинарные колеса			Сдвоенные колеса		
		$\varphi_{КРП}^*/\delta$	$\eta_{ТН}$	$m_{уд}^*, кг/кВт$ (кг/л.с.)	$\varphi_{КРП}^*/\delta$	$\eta_{ТН}$	$m_{уд}^*, кг/кВт$ (кг/л.с.)
1	2,20 (8,0)	0,45	0,625	64,47	0,47	0,692	68,21
		0,15		(47,40)	0,124		(50,15)
2	2,65 (9,5)	0,41	0,634	59,49	0,41	0,707	66,31
		0,124		(43,74)	0,10		(48,76)
3	3,33 (12,0)	0,37	0,638	52,80	0,35	0,710	62,11
		0,10		(38,82)	0,07		(45,67)

Рациональным тяговым диапазоном использования трактора на операциях почвообработки разных групп с одинарными  $(\varphi_{КРП1} - \varphi_{КРП3}) = (0,45 - 0,37)$  и сдвоенными  $(0,47 - 0,35)$  колесами соответствуют  $\lambda m_{удmax} = 1,221$  и  $1,098$ , что согласуется с условием (1) при  $\lambda m_{эmax} \geq 1,25$ .

Оптимальные значения  $m_{уд}^*$  трактора с одинарными колесами при  $m_{уд0} = 51,58$  кг/кВт достигаются изменением удельной массы общего балласта от минимальной  $m_{БЗуд}^* = 1,22$  кг/кВт до максимальной  $m_{Б1уд}^* = 12,89$  кг/кВт, что составляет  $(0,024 - 0,250) \cdot m_{уд0}^*$  (табл. 2).

На сдвоенных колесах  $m_{уд}^*$  обеспечивается за счет изменения дополнительной удельной массы  $\Sigma m_{Буд}^*$ , включающей удельные массы второго комплекта задних и передних колес  $m_{Куд}$  и балластных грузов  $m_{Буд}^*$ , от  $\Sigma m_{БЗуд}^* = 10,53$  кг/кВт до  $\Sigma m_{Б1уд}^* = 16,63$  кг/кВт. При  $m_{Куд} = 4,0 - 4,5$  кг/кВт общая масса балластных грузов для первой группы операций на сдвоенных колесах  $m_{Б1уд}^* = 12,53$  кг/кВт остается практически неизменной. На операциях 2 и 3 групп удельная масса балластных грузов существенно повышается до 10,73 и 6,53 кг/кВт соответственно (табл. 2).

**Таблица 2**

Параметры балластных грузов колесных 4к4а тракторов для технологий почвообработки

Группа операций	Одинарные колеса			Сдвоенные колеса			
	$\varphi_{\text{КРН}}$	$m_{\text{Буд}}^*$ кг/кВт	$m_{\text{Б}}/m_{\text{Э0}}$	$\varphi_{\text{КРН}}$	$\Sigma m_{\text{Буд}}^*$ кг/кВт	$m_{\text{Буд}}^*$ кг/кВт	$m_{\text{Б}}/m_{\text{Э0}}$
1	0,45	12,89	0,250	0,47	16,63	12,63	0,245
	0,41	20,02	0,388	0,41	27,22	23,22	0,450
2	0,41	7,91	0,153	0,41	14,73	10,73	0,208
	0,41	7,91	0,153	0,41	14,73	10,73	0,208
3	0,37	1,22	0,024	0,35	10,53	6,53	0,127
	0,38	0	0	0,41	4,5	0	0

При использовании в качестве основного тягового режима для всех групп родственных операций  $\varphi_{\text{КРН}}^* = 0,5 \cdot (\varphi_{\text{КРНmax}} + \varphi_{\text{КРНopt}})$  величина  $\lambda m_{\text{удmax}}$  достигает 1,388 на одинарных и 1,450 на сдвоенных колесах (табл. 2), что недопустимо по условиям балластирования [6]. Это требует компромиссного варианта балластирования для операций первой группы, в основе которого целесообразно использовать тяговый режим при  $\varphi_{\text{КРН1}}^* = 0,45$  и предлагаемые условия балластирования для его достижения.

При этом установлено, что характеристики буксования и тягового КПД трактора  $\delta, \eta_{\text{T}} = f(\varphi_{\text{КРН}})$  остаются неизменными при разных значениях  $m_{\text{уд}}^*$  (рис. 1). При работе на постоянной скорости  $V = idem$  уменьшение  $m_{\text{уд}}^*$  приводит к увеличению  $\varphi_{\text{КРН}}$  и буксования движителя с одновременным повышением  $\eta_f$ , что определяет характер изменения  $\eta_{\text{ТН}}$ . Относительные потери мощности на перемещение трактора пропорциональны скорости движения и удельной материалоемкости (рис. 2). КПД сопротивления качению имеет обратную зависимость.

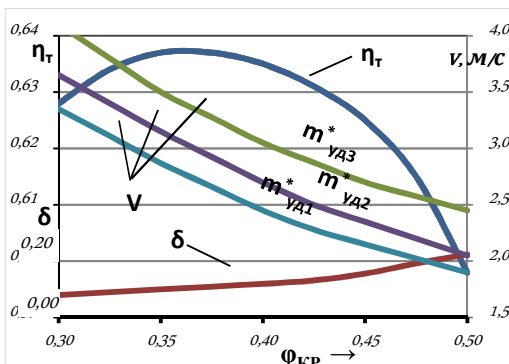


Рис. 1. Зависимости  $\delta, \eta_{\text{T}}, V = f(\varphi_{\text{КРН}})$  трактора 4к4а при разной удельной материалоемкости (фон – стерня)

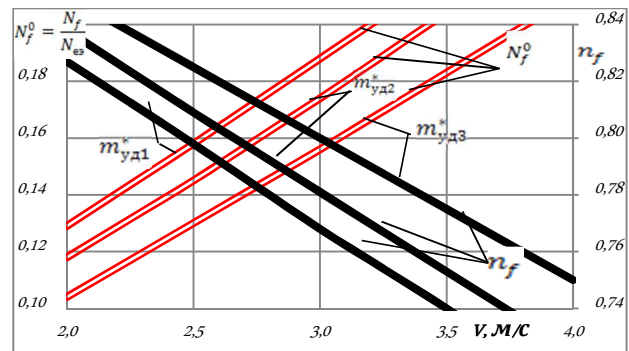


Рис. 2. Зависимости  $N_{f0}, \eta_f = f(V)$  трактора 4к4а при разной удельной материалоемкости (фон – стерня)

Характер изменения тягового КПД  $\eta_{\text{T}} = f(\varphi_{\text{КРН}})$  в пределах контрольного допуска  $\pm \Delta V$  определяет эффективность использования трактора с заданной удельной материалоемкостью. На операциях первой группы наивысшие показатели эффективности достигаются при  $m_{\text{уд1}}^*$ , которой соответствует диапазон изменения  $\eta_{\text{T}}$  от 0,600 до 0,636.

Уменьшение эксплуатационной массы до  $m_{уд2}^*$  и  $m_{уд3}^*$  приводит к смещению тягового режима в зону больших значений  $\varphi_{кр}$  при превышающем допустимое буксовании, что существенно снижает номинальное и осредненное значения тягового КПД трактора.

На операциях второй группы номинальное и среднее значения тягового КПД достигают максимума при  $m_{уд2}^*$ . Увеличение удельной материалоемкости до  $m_{уд1}^*$  сопровождается смещением тягового режима в зону меньших значений  $\varphi_{кр}$ , что несколько компенсирует затраты мощности на перемещение трактора.

Наивысшую эффективность на операциях третьей группы обеспечивает  $m_{уд3}^*$ . Увеличение удельной материалоемкости до  $m_{уд2}^*$  и  $m_{уд3}^*$  смещает режим работы в левую часть потенциальной тягово-динамической характеристики с более низкими значениями тягового КПД.

В условиях вероятностного характера распределения скорости рабочего хода с установленными допусками по зависимости (14) определены средние значения показателей эффективности использования трактора на операциях почвообработки разных групп при изменении удельной энергоемкости от  $m_{уд1}^*$  до  $m_{уд3}^*$ .

К первой группе операций наиболее адаптирован трактор с  $m_{уд1}^*$  при  $\lambda\eta_T = 0,972$  и  $W_{уд} = max$ . Уменьшение удельной материалоемкости до  $m_{уд2}^*$  и  $m_{уд3}^*$  снижает коэффициент адаптации до 0,956 и 0,906 соответственно при относительной производительности  $W_{уд0} = W_{удi}/W_{удmax}$  0,980 и 0,932. Эффективность использования трактора с  $m_{уд1}^*$  ограничивается скоростью  $V_{max1} = 2,50$  м/с (рис. 3).

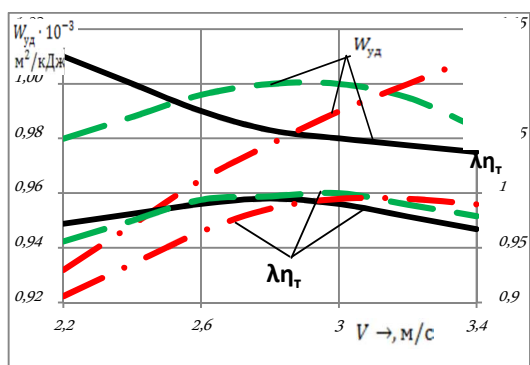


Рис. 3. Показатели эффективности колесного 4к4а трактора на операциях почвообработки разных групп: — —  $m_{уд1}^*$ ; - - -  $m_{уд2}^*$ ; - · - ·  $m_{уд3}^*$ .

На второй группе операций в интервале рабочих скоростей от 2,50 до 3,05 м/с наиболее эффективен трактор с  $m_{уд2}^*$  при  $\lambda\eta_T = 0,997$  и  $W_{уд0} = 1,00$ . Показатели адаптации и эффективности трактора с  $m_{уд1}^*$  достигают 0,994 и 0,990 соответственно. При  $m_{уд3}^*$  их снижение составляет 2,5-2,8%.

При  $V > 3,05$  м/с наивысшие показатели имеет трактор с  $m_{уд3}^*$ . Повышение  $m_{уд}^*$  до  $m_{уд1}^*$  снижает их на 2,5%.

Полученные результаты позволяют установить рациональный интервал изменения удельной материалоемкости колесного трактора 4к4а с учетом занятости в зональных

технологиях почвообработки для АПК Красноярского края в пределах  $\bar{m}_{уд}^* = 58 - 62$  кг/кВт на одинарных и  $\bar{m}_{уд}^* = 63 - 67$  кг/кВт на сдвоенных колесах.

### **Выводы**

1. Основным показателем сравнительной оценки эффективности колесных 4к4а тракторов с переменной массой и установленной характеристикой двигателя на операциях почвообработки разных групп являются номинальные и средние значения тягового КПД.

2. Наиболее адаптированным к зональным технологиям почвообработки является трактор с удельной материалоемкостью  $m_{уд2}^*$ , равной 59,49 кг/кВт на одинарных и 66,31 кг/кВт на сдвоенных колесах.

3. Рациональный интервал изменения удельной материалоемкости колесных 4к4а тракторов, с учетом занятости в зональных технологиях почвообработки АПК Красноярского края, находится в пределах 58-62 кг/кВт на одинарных и 63-67 кг/кВт на сдвоенных колесах, при использовании на операциях 2-3 групп  $\bar{m}_{уд}^*$  составляет соответственно 54-58 и 62-66 кг/кВт.

### **Список литературы**

1. Селиванов Н.И., Запрудский В.Н., Макеева Ю.Н. Моделирование скоростных режимов и удельных показателей колесных тракторов на основной обработке почвы // Вестник КрасГАУ. - 2015. - № 1. - С. 81-89.
2. Селиванов Н.И. Регулирование эксплуатационных параметров тракторов // Вестник КрасГАУ. – 2013. - № 7. - С. 234-239.
3. Селиванов Н.И., Запрудский В.Н., Макеева Ю.Н. Удельная материалоемкость колесных тракторов // Вестник КрасГАУ. – 2015. - № 2. - С. 57-63.
4. Селиванов Н.И. Эксплуатационные параметры колесных тракторов и агрегатов для зональных технологий почвообработки // Вестник КрасГАУ. – 2014. - № 10. - С. 161-165.
5. Селиванов Н.И. Эксплуатационные свойства сельскохозяйственных тракторов : учеб. пособие / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2010. – 347 с.
6. Селиванов Н.И. Эффективное использование энергонасыщенных тракторов / КрасГАУ. – Красноярск, 2008. – 228 с.

### **Рецензенты:**

Ушанов В.А., д.т.н., профессор, зав. каф. эксплуатации и ремонта машинно-тракторного парка ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет», г. Красноярск.



Меновщиков В.А., д.т.н., профессор, зав. каф. технологии машиностроения ФГБОУ ВПО  
«Красноярский государственный аграрный университет», г. Красноярск.