

**ОЦЕНКА ПРИРОДНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ И  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ  
АГРЕГАТОВ**

*Селиванов Н.И.<sup>1</sup>, Макеева Ю.Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия*

<sup>2</sup>*Ачинский филиал Красноярского государственного аграрного  
университета, Ачинск, Россия*

*В статье представлены результаты моделирования показателей эффективности технологий почвообработки и параметров агрегатов на базе колесного 4к4 трактора.*

*Ключевые слова:* агрозона, длина гона, показатели эффективности, почвообрабатывающий агрегат, скорость, технология, трактор, эксплуатационные параметры

**ASSESSMENT OF NATURAL AND INDUSTRIAL CONDITIONS AND  
INDICATORS OF USE OF TILLAGE UNITS**

*Selivanov N.I.<sup>1</sup>, Makeeva Yu.N.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Krasnoyarsk state agrarian university, Krasnoyarsk, Russia*

<sup>2</sup>*Achinsk branch Krasnoyarsk state agrarian university, Achinsk, Russia*

*The article presents the results of modeling of efficiency indicators of tillage technologies and parameters of aggregates based on the wheeled 4k4 tractor.*

*Key words:* agrozone, rut length, performance indicators, tillage unit, speed, technology, tractor, operational parameters

Красноярский край относится к Восточно-Сибирской агрозоне, около 50 % полей имеют площадь от 3 до 30 га при средней длине гона 600–1000 м и удельном сопротивлении почвы 65 кН/м<sup>2</sup>. С учетом энергоемкости технологий и технологического обеспечения операции основной обработки почвы разделены на три группы: 1-я – отвальная вспашка и глубокое рыхление (15 %); 2-я – безотвальная комбинированная обработка и чизелевание (30 %); 3-я – поверхностная обработка почвы, обработка и посев по нулевой технологии (55 %) [1, 2].

Для объективной оценки и снижения энергозатрат необходимо обосновать рациональные режимы рабочего хода и параметры почвообрабатывающих агрегатов на родственных операциях каждой группы при установленном классе длины гона. Указанное предполагает определение рабочей скорости, массоэнергетических параметров трактора и ширины захвата

агрегата для каждой группы родственных операций и превалирующих классов длины гона с учетом состояния и перспективы формирования машинно-тракторного парка агрозоны.

**Цель работы** – оценить влияние природно-производственных факторов на формирование параметров и показатели использования почвообрабатывающих агрегатов.

Достижение поставленной цели предусматривало определение рациональных диапазонов рабочих скоростей с последующим установлением соотношений показателей эффективности технологий и эксплуатационных параметров агрегатов на операциях почвообработки разных групп.

По энергоемкости и техническому обеспечению родственные операции основной обработки почвы разделены на три группы, которые характеризуют удельное тяговое сопротивление, его приращение в зависимости от скорости  $\Delta K_i$ , коэффициент вариации  $v_{K_0}$  и рациональный по энергозатратам и рекомендуемые по агротребованиям скоростные интервалы  $V_a$  (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристики рабочих машин

Группа операции	$F, \%$	Вид операции	Тип рабочей машины	$K_{0i}, \text{кН/м}$	$\Delta K_i, \text{с}^2/\text{м}^2$	$v_{K_0}$	$V_a, \text{м/с}$	$P\Delta_i$
1	15	Вспашка отвальная $h = 0,21 - 0,23 \text{ м}$	Плуг оборотный ПЛН	11,0-13,0	0,11-0,14	0,07-0,10	2,0-2,8	0,90
2	30	Безотвальная комбинированная обработка, $h = 0,12 - 0,16 \text{ м}$	Агрегат комбинированный АКП, «Лидер»	5,2-6,5	0,08-0,09	0,07	2,5-3,3	0,92
3	55	Поверхностная и комбинированная обработка, $h = 0,04 - 0,12 \text{ м}$	Борона БТ, Дискатор БДМ	2,0-3,2	0,04-0,06	0,05-0,07	2,8-4,2	0,97

Значения  $V_{maxi}^*$  и  $V_{mini}^*$  рабочей скорости агрегатов определяются как:

$$\begin{cases} V_{maxi}^* = \sqrt{(1 - \Delta K_i \cdot V_0^2) / \Delta K_i}; \\ V_{mini}^* = \sqrt{(1 - \Delta K_i \cdot V_0^2) / 3\Delta K_i}. \end{cases} \quad 1)$$

Нижняя граница  $V_{opti}^*$  интервал рабочих скоростей агрегата  $V_{mini}^* < V_{opti}^* < V_{maxi}^*$  выбирается из условия

$$K_E = K_{EP} / K_{IP} = \mu_K^3 / \eta_{Tmax} \cdot V^2 \rightarrow \min \quad 2)$$

при  $\eta_{Tmax} = 0,670 - 0,710; \mu_K = 1 + \Delta K \cdot (V^2 - 1,96)$ .

Номинальное значение  $V_{Hi}^*$  и диапазоны  $\Delta V_i^*$  рабочих скоростей агрегатов для операций почвообработки разных групп можно выразить как

$$\begin{cases} V_{Hi}^* \geq 0,5 \cdot (V_{maxi}^* + V_{opti}^*); \\ \Delta V_i^* = V_{maxi}^* - V_{opti}^*. \end{cases} \quad (3)$$

Показатели (эквиваленты) производительности  $K_{\Pi}$  (м/с) и удельных энергозатрат  $K_{ЭП}$  (с/м) агрегатов при  $V_{opti}^*$

$$\begin{cases} K_{\Pi i}^o = V_{opti}^* \cdot \mu_{K_{maxi}} / V_{maxi}^* \cdot \mu_{K_{opti}}; \\ K_{ЭП i}^o = \frac{\mu_{K_{opti}}^2 \cdot V_{mini}^*}{\mu_{K_{mini}}^2 \cdot V_{opti}^*} / V_{maxi}^* \cdot \mu_{K_{opti}}. \end{cases} \quad (4)$$

Вероятность нахождения номинальных значений рабочей скорости  $V_{Hi}^*$  в зоне двухстороннего допуска  $\Delta V_i^*$  [2] при  $u_V = u_{Mc} = u_{K_0}$  определится из выражения

$$P\Delta_i = \Phi(t_1)_i - \Phi(t_2)_i, \quad (5)$$

где  $\Phi(t_1)_i$  – функция Лапласа;  $t_{1i} = (V_{maxi}^* - V_{Hi}^*) / \tau_{Vi}$ ;  $t_{2i} = (V_{opti}^* - V_{Hi}^*) / \tau_{Vi}$  – аргументы функции Лапласа;  $\tau_{Vi} = u_{Vi} \cdot V_{Hi}^*$ .

Результаты моделирования позволили установить рациональные диапазоны и номинальные значения рабочих скоростей почвообрабатывающих агрегатов с учетом минимизации удельных энергозатрат (табл. 2, рис.).

Таблица 2 – Рациональные интервалы рабочих скоростей почвообрабатывающих агрегатов

Группа операций	$V_{min}^*$ м/с	$V_{max}^*$ м/с	$V_H^*$ м/с	$K_{\Pi}^o$	$K_{ЭП}^o$
1	1,66	2,78	2,22	0,95	1,07
2	2,22	3,33	2,78	0,96	1,06
3	2,78	4,17	3,33	0,96	1,06

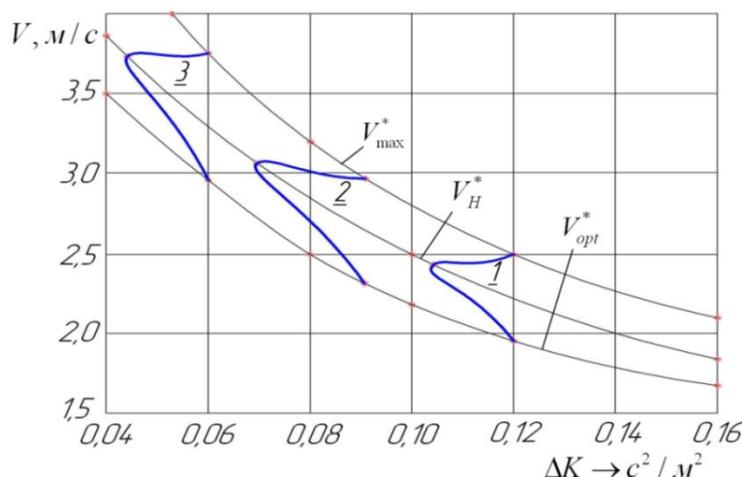


Рисунок – Рациональные диапазоны рабочих скоростей почвообрабатывающих агрегатов на операциях разных групп: 1 – первая; 2 – вторая; 3 – третья

Оценка эффективности технического обеспечения операций основной обработки почвы по рассмотренным технологиям выполнена при номинальных значениях рабочей скорости  $V_{Hi}^*$ . Для сравнительной оценки чистой производительности  $W_i$ , удельных энергозатрат  $E_{Pi}^*$ , ширины захвата  $B_P$ , эксплуатационной массы  $m_{э}$  и потребной мощности  $N_{эi}$  пахотного и других агрегатов на базе одного энергетического средства с переменными массоэнергетическими параметрами используем относительные показатели [4]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda W = W_i/W_1 = \lambda N_{эi} \cdot \lambda \xi_{\bar{N}} \cdot \lambda \eta_T / \lambda K_0 \cdot \lambda \mu_K; \\ \lambda E_{Pi} = E_{Pi}/E_{Pi1} = \lambda K_0 \cdot \lambda \mu_K / \lambda \eta_T; \\ \lambda m_{э} = m_{эi}/m_{э1} = \lambda \eta_T / \lambda \varphi_{кр} \cdot \lambda V_H; \\ \lambda N_{э} = N_{эi}/N_{э1} = \lambda E_{Pi} \cdot \lambda W / \lambda \xi_{\bar{N}}; \\ \lambda B_P = B_{Pi}/B_{P1} = N_{эi} \cdot \lambda \xi_{\bar{N}} \cdot \lambda \eta_T / \lambda K_0 \cdot \lambda \mu_K \cdot \lambda V_H, \end{array} \right. \quad (6)$$

где индекс «1» относится к агрегату для первой группы операций при  $\eta_{Tmax}$  и  $\varphi_{кпорт}$ .

Результаты для трех вариантов расчетов показателей эффективности технологий почвообработки и параметров агрегатов на базе колесного 4к4 трактора представлены в таблице 3. При первом варианте  $\lambda m_{э} = \lambda N_{э} = \lambda \eta_T = 1,0$ ; для второго –  $\lambda N_{э} = \lambda \eta_T = 1,0$  и  $\lambda m_{э} = 1/\lambda V_H$ ; в третьем –  $\lambda \eta_T = \lambda m_{э} = 1,0$  и  $\lambda N_{э} = \lambda V_H$ .

**Таблица 3 – Соотношение показателей эффективности технологий и параметров почвообрабатывающих агрегатов на базе колесного трактора 4к4**

Группа и вид операций	$V_H$ , м/с	Вариант	$\lambda W$	$\lambda E_{Pi}$	$\lambda m_{э}$	$\lambda N_{э}$	$\lambda B_P$
1. <u>Традиционная</u> (отвальная вспашка $K_{01}$ , $\Delta K_1$ )	$V_{H1}^*$	1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2. <u>Минимальная</u> (дискование $K_{02}$ , $\Delta K_2$ ,)	$V_{H2}^*$	1	$\lambda W_1$	$\lambda E_{Pi1}$	1,0	1,0	$\lambda B_{P1}$
		2	$\lambda W_2$	$\lambda E_{Pi2}$	$\lambda m_{э2}$	1,0	$\lambda B_{P2}$
		3	$\lambda W_3$	$\lambda E_{Pi3}$	1,0	$\lambda N_{э3}$	$\lambda B_{P3}$
3. <u>Нулевая</u> (поверхностная обработка $K_{03}$ , $\Delta K_3$ )	$V_{H3}^*$	1	$\lambda W_1$	$\lambda E_{Pi1}$	1,0	1,0	$\lambda B_{P1}$
		2	$\lambda W_2$	$\lambda E_{Pi2}$	$\lambda m_{э2}$	1,0	$\lambda B_{P2}$
		3	$\lambda W_3$	$\lambda E_{Pi3}$	1,0	$\lambda N_{э3}$	$\lambda B_{P3}$

Выполненный анализ природно-производственных условий позволил: установить рациональные интервалы рабочих скоростей агрегатов для операций почвообработки трех установленных групп:  $V_{H1}^* = 2,22 \pm 0,55$  м/с;  $V_{H2}^* = 2,78 \pm 0,55$  м/с;  $V_{H3}^* = 3,33 \pm 0,55$  м/с; определить рациональные соотношения показателей эффективности технологий и эксплуатационных параметров агрегата для разных групп операций основной обработки почвы.

## Литература

1. Селиванов, Н.И. Рациональные типоразмеры колесных тракторов и агрегатов для зональных технологий почвообработки / Н.И. Селиванов, В.В. Матюшев, В.Н. Запрудский, Ю.Н.Макеева // Вестник Омского ГАУ. – 2015. - № 4. – С. 84–89.
2. Селиванов, Н.И. Эффективность использования колесных тракторов в технологиях почвообработки / Н.И. Селиванов, Ю.Н. Макеева // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 6. – С. 49–57.
3. Селиванов, Н.И. Моделирование скоростных режимов агрегатов и удельных показателей колесных тракторов на основной обработке почвы / Н.И. Селиванов, В.Н. Запрудский, Ю.Н. Макеева // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 1. – С. 81–89.
4. Селиванов, Н.И. Технологические свойства колесных тракторов / Н.И. Селиванов; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2019. – 308 с.