

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ ДЛЯ ЗОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЧВООБРАБОТКИ

Селиванов Н.И.¹, Кузнецов А.В.¹, Кайзер Ю.Ф.², Лысянников А.В.², Малышева Н.Н.²,
Желудкевич Р.Б.², Мерко М.А.², Митяев А.Е.²

¹ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет», Красноярск, Россия (660049, Красноярск, пр. Мира, 90), e-mail: kuznetsov1223@yandex.ru

²ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия (660041, Красноярск, пр. Свободный, 79), e-mail: kaiser170174@mail.ru, m.merko@mail.ru

Проведен анализ природно-производственных условий использования почвообрабатывающих и посевных агрегатов в Восточно-Сибирской агроzone Сибирского федерального округа с оценкой преобладающих классов длины гона, совокупности используемых технологий и их технического обеспечения. Показано, что адаптация колесных тракторов общего назначения к природно-производственным условиям агрозоны достигается обоснованием оптимальных значений показателей технологичности и соответствующих рациональных интервалов изменения массоэнергетических параметров для разных групп родственных операций основной обработки почвы и преобладающих классов длины гона. В основу оптимальной адаптации параметров тракторов положено обеспечение чистой производительности агрегатов, установленной по экономическим критериям оптимальности для каждой технологической операции и соответствующего класса длины гона при функционировании в интервалах допустимых значений рабочей скорости и буксования движителей. Установлены функциональные взаимосвязи параметров-адаптеров и критерии оптимальности, обоснованы характеристики удельного сопротивления рабочих машин и тягово-скоростные режимы использования почвообрабатывающих агрегатов, позволившие определить рациональные значения показателей технологичности и интервалы изменения эксплуатационных параметров колесных тракторов для зональных технологий почвообработки.

Ключевые слова: длина гона, технологии обработки почвы, показатели технологичности, параметры трактора..

OPERATING PARAMETERS OF WHEEL TRACTORS FOR ZONAL TECHNOLOGIES OF CULTIVATION

Selivanov N.I.¹, Kuznetsov A.V.¹, Kaiser Y.F.², Lysyannikov A.V.², Malysheva N.N.²,
Zelykevith R.B.², Merko M.A.², Mityaev A.Y.²

¹Krasnoyarsk state agrarian University, Krasnoyarsk, Russia (660049, Krasnoyarsk, World Prospect, 90), e-mail: kuznetsov1223@yandex.ru

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia (660041, Krasnoyarsk, Svobodny Prospect, 79), e-mail: kaiser170174@mail.ru, m.merko@mail.ru

The analysis of natural production conditions of use tillage and seeding units in the East-Siberian agronomic area Siberian Federal district with the assessment of the prevailing classes length of the plot, the aggregate of the used technologies and their technical support. It is shown that adaptation of wheel tractors of General assignment for the natural production conditions agronomic area achieved substantiation of optimal values of indicators of technological and related rational intervals of change macroanalytical settings for different groups of related transactions of main soil processing and prevailing classes length of the plot. The basis for optimal adaptation options tractors are supposed to provide clean performance units, installed on economic optimality criteria for each operation and the corresponding class length of the plot operate at the interval of admissible values of the operating speed of slippage, and propulsion. Established functional relationships parameters adapters and criteria of optimality, justified characteristics of specific resistance of working machines and traction-speed modes of use of tillage implements, which allowed to determine the rational values of indicators of technological and intervals of change operational parameters of wheel tractors for zonal technologies of cultivation.

Keywords: length of the plot, of technological tillage, indicators of technological, parameters of the tractor.

Введение

В Восточно-Сибирской агрозоне 6.2 Сибирского федерального округа (СФО) около половины пашни составляет участки площадью до 30 га при средней длине гона 600-1000 м. Более 53% полей имеют площадь более 30 га с длиной гона свыше 1000 м. Среднее удельное сопротивление дерново-подзолистых почв составляет 65 кН/м^2 [1, 5].

Для возделывания зерновых и кормовых культур используются в основном три вида целно замкнутых технологий обработки почвы и посева: традиционная с осенней зяблевой вспашкой; минимальная с осенней безотвальной глубокой или поверхностной обработкой почвы; нулевая (прямой посев) с одновременной поверхностной обработкой и посевом по стерне. При этом все технологии основной (первой) обработки почвы разделены на три группы, включающие родственные по энергоёмкости и агротехническим требованиям операции.

Для объективной оценки и снижения энергозатрат необходимо обосновать рациональные тягово-скоростные режимы рабочего хода и массоэнергетические параметры тракторов на родственных операциях каждой группы при установленном классе длины гона.

Основу технического обеспечения операционных технологий почвообработки и посева в агрозоне 6.2 составляют колесные тракторы типов 4К4а и 4К4б с изменяющимися массоэнергетическими параметрами и многооперационные комбинированные рабочие машины, и комплексы секционного типа. Поэтому адаптация тракторов к природным условиям (длина гона) и технологиям обработки почвы предполагает знание интервалов изменения этих параметров и возможность их регулирования до начала рабочего хода.

Настоящее исследование проводится с целью обоснования эксплуатационных параметров колесных тракторов для совокупности технологий основной обработки почвы и превалирующих классов длины гона в агрозоне 6.2 СФО.

Для достижения поставленной цели предусматривается решение следующих задач:

- 1) обосновать оптимальные значения показателей технологичности колесных тракторов типов 4К4 для разных групп родственных операций основной обработки почвы;
- 2) определить рациональные интервалы изменения эксплуатационных параметров тракторов для совокупности технологий основной обработки почвы и превалирующих классов длины гона.

Методы исследования, применяемые в настоящей работе, основаны на принципах системной адаптации мобильных энергосредств к природно-производственным условиям [2, 4].

Каждую группу родственных операций основной обработки почвы характеризуют осредненное удельное тяговое сопротивление при скорости $V_0 = 1,4 \text{ м/с}$ K_{oi} , его приращение в зависимости от скорости $\mu_{ki} = [1 + \Delta K_i (V^2 - V_0^2)]$, коэффициент вариации ν_{Koi} ,

номинальное значение V_{Hi} и рациональный по энергозатратами агротребованиям интервал рабочей скорости $(V_{opt}^* - V_{max}^*)_i$. При этом максимальная скорость V_{max}^* соответствует наивысшей производительности из условия $K_{\Pi} = V/\mu_K \rightarrow max$, а минимальная V_{mini}^* - наименьшим удельным затратам $K_{ЭП} = E_k/K_{\Pi} \rightarrow min$ при $E_k = \mu_K/\eta_T$. В основу определения оптимального значения рабочей скорости $V_{min}^* \leq V^* \leq V_{max}^*$ положен компромиссный вариант, учитывающий характер зависимостей K_{Π} , $K_{ЭП} = f(V)$, $V_{opt}^* \in K_{ЭП}/K_{\Pi} \rightarrow min$.

Номинальное значение скорости рабочего хода для родственных операций второй и третьей группы с двухсторонним контрольным допуском в условиях вероятностного характера тяговой нагрузки определяется как $V_H^* = (V_{opt}^* + V_{max}^*)/2$. С учетом незначительного интервала изменения рабочей скорости на операциях первой группы целесообразно использовать односторонний контрольный допуск с нижней предельной границей V_{opt1}^* и $V_{H1}^* = V_{max1}^*$.

В основу оптимальной адаптации (оптимизации) параметров тракторов с механической ступенчатой трансмиссией положено обеспечение чистой производительности агрегатов $W_i \rightarrow W_i^*$, установленной по экономическим критериям оптимальности [2] для каждой технологической операции и соответствующего класса длины гона при функционировании в интервале допустимых значений рабочей скорости $V_{Hi}^* \pm \Delta V_i$ и тяговом диапазоне, соответствующем $\varphi_{крп} \leq \varphi_{крн} \leq \bar{\varphi}_{кр}$.

При этом на операциях каждой группы должно соблюдаться общее для всех типов энергомашин соотношение между основными параметрами-адаптерами, определяющее их энергонасыщенность Ξ^* и удельную материалоемкость $m_{уд}^*$

$$\begin{cases} \Xi_i^* = (N_{эз}/m_э)_i^* = g \cdot \varphi_{крн} \cdot V_{Hi}^*/\eta_{ТН} \cdot \xi_{\bar{N}}^*; \\ m_{уд}^* = \eta_{ТН} \cdot \xi_{\bar{N}}^*/g \cdot \varphi_{крн} \cdot V_{Hi}^* \cdot 10^{-3}. \end{cases} \quad (1)$$

Влияние длины гона и вида обработки почвы на эксплуатационную мощность $N_{эз}$ и массу $m_э$ трактора определяется величиной чистой производительности W_i^* , характеристикой удельного тягового сопротивления агрегата $(K_{\sigma} \cdot \mu_K)_i$, номинальными значениями рабочей скорости V_{Hi}^* , тягового КПД $\eta_{ТН}$, коэффициентов использования веса трактора $\varphi_{крн}$ и мощности двигателя $\xi_{\bar{N}}^*$

$$N_{эзi}^* = W_i^* \cdot K_{\sigma i} \cdot \mu_{ki}/\eta_{ТНj} \cdot \xi_{\bar{N}}^*, \quad (2)$$

$$m_{zi}^* = W_i^* \cdot K_{zi} \cdot \mu_{ki} / V_{Hi}^* \cdot \varphi_{крмj} \cdot 9,81. \quad (3)$$

В общем случае, при изменении природно-производственных условий и тягово-скоростных режимов работы, соотношения потребной мощности и массы трактора определяются из выражений [3]

$$\lambda_{N_{\Sigma}}^* = \lambda_{W^*} \cdot \lambda_{K_0} \cdot \lambda_{\mu_K} / \lambda_{\eta_{max}} \cdot \lambda_{\xi \bar{N}}^*, \quad (4)$$

$$\lambda_{m_{\Sigma}}^* = \lambda_{W^*} \cdot \lambda_{K_0} \cdot \lambda_{\mu_K} / \lambda_{V_H^*} \cdot \lambda_{\varphi_{крм}}. \quad (5)$$

Если трактор предполагается использовать, в основном, на родственных операциях обработки почвы одной группы и превалярующей длине гона в составе соответствующих агрегатов, значения N_{Σ} и m_{Σ} , целесообразно выбирать для интервала $(V_{орт}^* - V_{max}^*)_i$ этой группы и тягового режима, соответствующего

$$\varphi_{крорт} \leq \varphi_{крн} \leq \bar{\varphi}_{\varphi} = 0,5 (\varphi_{крорт} + \varphi_{крmax}).$$

При этом, $\varphi_{крmax}$ соответствует режиму допустимого буксования δ_g . В этом случае, проблема энергосбережения на разных технологиях почвообработки и классах длины гона решается за счет создания и использования типоразмерного ряда тракторов, отличающихся указанными параметрами. Такой подход наиболее рационален при разработке системы машин для отдельных регионов и комплектовании тракторного парка крупных предприятий зернового направления.

Наиболее экономичным вариантом решения проблемы энергосбережения является использование мобильных энергосредств с управляемыми массоэнергетическими параметрами, обеспечивающих образование требуемого типоразмерного ряда путём комбинирования мощностью и массой. Величину шага $\Delta \left(\xi \bar{N} N_{\Sigma} \right)_{ji}^*$ и общее количество типоразмеров мощностей следует выбирать с учётом конструктивных, экономических и других соображений.

Полученные по результатам моделирования, с использованием экспериментальных зависимостей тягового КПД и буксования трактора η_T , $\delta = f(\varphi_{кр})$, значения показателей

технологичности $\left(\xi \bar{N} \Sigma_{\Sigma} \right)^*$ и $m_{уд}^*$ (табл. 1) определяют оптимальные соотношения массоэнергетических параметров колесных тракторов типов 4К4 для разных групп родственных операций. Для тракторов с установленной мощностью и характеристикой двигателя указанные показатели являются основой для выбора эксплуатационной массы и балластирования на конкретных операциях основной обработки почвы.

В табл. 2 представлены осредненные интервалы эксплуатационных параметров

колесных тракторов типов 4К4 для разных групп технологических операций и превалирующих классов длины гона агрозоны 6.2 СФО при минимальных приведенных затратах. Для длины гона более 1000 м на всех операциях по своим параметрам наиболее эффективны тракторы 6 класса с одинарными колесами и оптимальными показателями технологичности, а так же 8 класса со сдвоенными колесами (кроме 1 группы операций). Поэтому в краткосрочной перспективе тракторы типов 4К4б с шарнирной рамой следует рассматривать как основные для указанных условий использования.

Таблица 1. Рациональные значения показателей технологичности колесных тракторов типов 4К4 для основных групп родственных операций почвообработки

| Группы родственных операций | $\overline{V_H}, \text{ м/с}$ | Одинарные колеса | | | Сдвоенные колеса | | |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------|--|-------------------------------|------------------|--|-------------------------------|
| | | $\Phi_{крн}$ | $(\xi \overline{N} \cdot \Xi)^*$, Вт/кг | $m_{уд}^*$, кг/кВт (кг/л.с.) | $\Phi_{крн}$ | $(\xi \overline{N} \cdot \Xi)^*$, Вт/кг | $m_{уд}^*$, кг/кВт (кг/л.с.) |
| 1 | 2,20 | 0,41 | 14,05 | 71,70 (52,30) | 0,41 | 12,46 | 80,26 (59,0) |
| 2 | 2,45 | 0,41 | 15,90 | 62,89 (46,24) | 0,41 | 13,90 | 71,94 (52,90) |
| 3 | 3,30 | 0,37-0,41 | 19,32-21,40 | 51,76-46,73 (38,06-34,36) | 0,35-0,41 | 16,28-19,00 | 61,42-52,63 (45,17-38,70) |

Таблица 2. Интервалы эксплуатационных параметров колесных тракторов типов 4к4 при минимальных приведенных затратах

| Группа операций | W^* , м ² /с | K_0 , кН/м | $\overline{V_H}$, м/с (км/ч) | m_3^* , т | $P_{крн}^*$, кН | Тяговый класс | Компл. | $(\xi \overline{N} \cdot N_{св})^*$, кВт |
|--------------------------------|---------------------------|--------------|-------------------------------|-------------|------------------|---------------|--------|---|
| а) Длина гона $l_T > 1000$ м | | | | | | | | |
| 1 | 6,93 | 13,65 | 2,20-0,25 (7-8) | 15,3 | 61,6 | 6 | 1 | 215,0 |
| | | | | | | | 2 | 190,0 |
| 2 | 23,14 | 5,60 | 2,45+0,35 (9-10) | 18,2 | 72,0 | 6-8 | 1 | 288,6 |
| | | | | | | | 2 | 255,0 |
| 3 | 32,92 | 4,50 | 3,30±0,25 (11-13) | 16,9 | 67,8 | 6 | 1 | 361,0 |
| | | | | | | | 2 | 319,0 |
| б) Длина гона $l_T=600-1000$ м | | | | | | | | |
| 1 | 5,32 | 13,65 | 1,20-2,25 (7-8) | 11,8 | 47,5 | 5 | 1 | 166,0 |
| | | | | | | | 2 | 150 |
| 2 | 19,69 | 5,60 | 2,45+0,35 (9-10) | 15,5 | 62,6 | 6 | 1 | 246,0 |
| | | | | | | | 2 | 217,0 |
| 3 | 25,81 | 4,50 | 3,30±0,25 (11-13) | 13,2 | 53,2 | 5 | 1 | 283,0 |

| | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|---|-----|
| | | | | | | | 2 | 250 |
|--|--|--|--|--|--|--|---|-----|

В основу комплектования парка тракторов общего назначения при преобладающей длине гона 600-1000 м следует принять колесные тракторы типов 4К4б и 4К4а с улучшенной классической компоновки с регулируемыми массоэнергетическими параметрами, позволяющими использовать их в 5-6 классов.

Указанные в табл. 2 оптимальные по затратам значения массоэнергетических параметров тракторов пропорциональны изменению удельного сопротивления агрегата K_0 . Однако стремление увеличить мощность и массу трактора при оптимальном значении $m_{уд}^*$ и неизменном K_0 для повышения производительности за счет ширины захвата приводит к снижению коэффициента использования времени смены и росту эксплуатационных затрат. Повышение скорости на операциях 2 группы до $V_{2max}^* = 2,80$ м/с (14%) приводит к возрастанию энергонасыщенности и потребного энергетического потенциала в среднем на 13 %, приближая последний к оптимальным значениям для операций 3 группы.

Заключение. Установлены оптимальные значения показателей технологичности и определены интервалы изменения эксплуатационных параметров колесных тракторов типов 4К4 для каждой группы родственных операций основной обработки почвы и преобладающих классов длины гона в Восточно-Сибирской агроzone 6.2 СФО, соответствующие минимальным приведенным затратам.

Список литературы

1. Методика использования условных коэффициентов перевода тракторов, зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов в эталонные единицы при определении нормативов их потребности: инструктивно-методическое издание. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 56 с.
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. Регулирование эксплуатационных параметров тракторов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2013. №7. С. 234-237.
4. Селиванов Н.И. Система адаптации эксплуатационных параметров тракторов для основной обработки почвы // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2010. №6. С. 132-139.
5. Селиванов Н.И. Эксплуатационные параметры колесных тракторов высокой мощности // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2014. №3. С. 176-184.

Рецензенты:

Петровский Э.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологических машин и оборудования нефтегазового комплекса, ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск.

Минеев А.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой бурения нефтяных и газовых скважин, ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск.