



УДК 629.114.2

Н.И. Селиванов

### ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ И АГРЕГАТОВ ДЛЯ ЗОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЧВООБРАБОТКИ

Обоснованы эксплуатационные параметры колесных тракторов и почвообрабатывающих агрегатов для зональных технологий и преобладающих классов длины гона.

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

N.I. Selivanov

### OPERATIONAL PARAMETERS OF THE WHEELED TRACTORS AND AGGREGATES FOR THE ZONAL TILLAGE TECHNOLOGY

The operational parameters of the wheeled tractors and tillage aggregate for zonal technologies and prevailing classes of the rut length are substantiated.

**Key words:** rut length, tillage technologies, technological indicators, tractor parameters, aggregate.

**Введение.** В Восточно-Сибирской агрозоне 6.2 Сибирского федерального округа (СФО) около половины пашни составляют 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<sup>2</sup> [1].

Для возделывания зерновых и кормовых культур используются в основном три вида цельнозамкнутых 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 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 преобладающих классов длины гона с учетом состояния и перспективы формирования машинно-тракторного парка агрозоны.

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

**Цель работы.** Обоснование эксплуатационных параметров колесных тракторов и агрегатов для совокупности технологий основной обработки почвы и преобладающих классов длины гона в агрозоне 6.2 СФО.

Для достижения поставленной цели предусматривается решение следующих **задач**:

1) обосновать оптимальные значения показателей технологичности колесных 4К4 для разных групп родственных операций основной обработки почвы;

2) определить рациональные интервалы изменения эксплуатационных параметров тракторов для совокупности технологий основной обработки почвы и преобладающих классов длины гона;

3) обосновать условия выбора оптимальной ширины захвата почвообрабатывающих агрегатов разного технологического назначения.

**Условия и методы исследования.** Каждую группу родственных операций основной обработки почвы характеризуют осредненное удельное тяговое сопротивление при скорости  $V_0=1,4$  м/с  $K_{oi}$ ; его приращение в зависимости от скорости  $\mu_{ki} = [1 + \Delta K_i(V^2 - V_0^2)]$ ; коэффициент вариации  $\nu_{Koi}$ ; номинальное значение  $V_{Hi}$  и рациональный по энергозатратам интервал рабочей скорости  $(V_{opt}^* - V_{max}^*)_i$ . При этом максимальная скорость  $V_{maxi}^*$  соответствует наивысшей производительности из условия  $K_{\Pi} = V/\mu_K \rightarrow \max$ , а минимальная  $V_{mini}^*$  – наименьшим удельным затратам  $K_{E\Pi} = E_k/K_{\Pi} \rightarrow \min$ , при  $E_k = \mu_K/\eta_T$ . В основу определения оптимального значения рабочей скорости  $V_{min}^* \leq V_{opt}^* \leq V_{max}^*$  положен компромиссный вариант, учитывающий характер зависимостей  $K_{\Pi}, K_{E\Pi} = f(V), V_{opt}^* \in K_{E\Pi}/K_{\Pi} \rightarrow \min$ .

Номинальное значение скорости рабочего хода для родственных операций второй и третьей групп 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  $\varphi_{kropt} \leq \varphi_{krh} \leq \overline{\varphi}_{kr}$ .

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

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

Влияние длины гона и вида обработки почвы на эксплуатационную мощность  $N_{e\delta}$  и массу  $m_{\delta}$  трактора определяется величиной чистой производительности  $W_i^*$ , характеристикой удельного тягового сопротивления агрегата  $(K_0 \cdot \mu_K)_i$ , номинальными значениями рабочей скорости  $V_{Hi}^*$ , тягового КПД  $\eta_{TH}$ , коэффициентов использования веса трактора  $\varphi_{krh}$  и мощности двигателя  $\xi_{\overline{N}}^*$ :

$$N_{e\delta i}^* = W_i^* \cdot K_{oi} \cdot \mu_{ki} / \eta_{THj} \cdot \xi_{\overline{N}}^*; \quad (2)$$

$$m_{\delta i}^* = W_i^* \cdot K_{oi} \cdot \mu_{ki} / V_{Hi}^* \cdot \varphi_{krhj} \cdot g. \quad (3)$$

В общем случае, при изменении природно-производственных условий и тягово-скоростных режимов работы, соотношения потребной мощности и массы трактора определяются из выражений [2]:

$$\lambda_{N_{e\delta}}^* = \lambda_{W^*} \cdot \lambda_{K_0} \cdot \lambda_{\mu_K} / \lambda_{\eta_{TH}} \cdot \lambda_{\xi_{\overline{N}}^*}; \quad (4)$$

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

Если трактор предполагается использовать в основном на родственных операциях обработки почвы одной группы и преобладающей длине гона в составе соответствующих агрегатов, значения  $N_{e\delta}$  и  $m_{\delta}$  целесообразно выбирать для интервала  $(V_{opt}^* - V_{max}^*)_i$  этой группы и тягового режима, соответствующего  $\varphi_{kropt} \leq \varphi_{krh} \leq \overline{\varphi}_{kr} = 0,5(\varphi_{kropt} + \varphi_{krmax})$ . 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 разработ-

ке 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  $\Delta \left( \xi \frac{\bar{N}}{N} N_{\text{еэ}} \right)_{ji}^*$  и общее количество типоразмеров мощностей следует выбирать с учётом конструктивных, экономических и других соображений.

Рабочая ширина захвата агрегата  $B_{pi}^*$  для конкретной технологии и установленной длины гона определится как

$$B_{pi}^* = W_i^* / V_{Hi}^* \quad (6)$$

а её взаимосвязь с изменением природно-производственных условий имеет вид

$$\lambda_{BP}^* = B_{pi}^* / B_{p1}^* = \lambda_{W^*} / \lambda_{V_H^*} \quad (7)$$

**Результаты исследования и их анализ.** Полученные по результатам моделирования, с использованием экспериментальных зависимостей  $\eta_T, \delta = f(\varphi_{кр})$ , значения показателей технологичности  $\left( \xi \frac{\bar{N}}{N} \Theta_{\text{еэ}} \right)^*$  и  $m_{y\delta}^*$  (табл. 1) определяют оптимальные соотношения массоэнергетических параметров тракторов 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.

Таблица 1

**Рациональные значения показателей технологичности колесных 4К4 тракторов для основных групп родственных операций почвообработки**

| Группа родственных операций | $\bar{V}_H$ , м/с | Одинарные колеса                         |   |                                    | Сдвоенные колеса     |   |                                    |
|-----------------------------|-------------------|--|---|------------------------------------|----------------------|---|------------------------------------|
|                             |                   | $\bar{\varphi}_{кр}$ ( $\varphi_{крH}$ ) | $\left( \xi \frac{\bar{N}}{N} \cdot \Theta \right)^*$ , Вт/кг | $m_{y\delta}^*$ , кг/кВт (кг/л.с.) | $\bar{\varphi}_{кр}$ | $\left( \xi \frac{\bar{N}}{N} \cdot \Theta \right)^*$ , Вт/кг | $m_{y\delta}^*$ , 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)          |

В таблице 2 представлены осредненные интервалы эксплуатационных параметров колесных 4к4 тракторов 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 кл. с одинарными колесами и оптимальными показателями технологичности, а также 8 кл. со сдвоенными колесами (кроме 1-й группы операций). Поэтому в краткосрочной перспективе тракторы 4К4б с шарнирной рамой следует рассматривать как основные для указанных условий использования.

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

Указанные в таблице 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  $m_{y\partial}^*$  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-й 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-й группы.

Таблица 2

**Интервалы эксплуатационных параметров тракторов 4к4 при минимальных приведенных затратах**

| Длина гона $l_r > 1000$ м     |                           |                     |                          |                         |                   |               |                 |  |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|-----------------|--|
| Группа операций               | $W^*$ , м <sup>2</sup> /с | $\bar{K}_0$ , кН/м. | $\bar{V}_H$ , м/с (км/ч) | $m_{\varepsilon}^*$ , т | $P_{крн}^*$ , кН. | Тяговый класс | Компл. трактора | $(\xi \frac{N}{N} \cdot N_{e3})^*$ , кВт |
| 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             | 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                                    |
| Длина гона $l_r = 600-1000$ 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                                      |

Одной из главных проблем эффективного агрегатирования тракторов высокой мощности является оптимальная нагрузка двигателя и трактора в интервале рабочих скоростей для установленных групп операций. Дизели этих тракторов имеют высокую приспособляемость к перегрузкам и должны использоваться на почвообработке в режиме максимальной мощности, что обеспечивает электронная система управления топливоподачей и скоростным режимом при соответствующей настройке. Для выбора рационального значения ширины захвата рабочей машины или агрегата особенного секционного типа следует руководствоваться удельным показателем  $N_{y\partial} = \xi \frac{N}{N} \cdot N_{e3} / B_p$  (табл. 3).

Таблица 3

**Рациональные интервалы изменения ширины захвата почвообрабатывающих агрегатов при минимальных затратах**

| Группа операций | $B_p^*$ , м    |                    | Комплектация трактора | $N_{y\partial}^*$ , кВт/м (л.с./м) |
|-----------------|----------------|--------------------|-----------------------|------------------------------------|
|                 | $l_r > 1000$ м | $l_r = 600-1000$ м |                       |                                    |
| 1               | 3,15-3,50      | 2,45-2,80          | 1                     | 68,3(92,9)                         |
|                 |                |                    | 2                     | 60,6(82,4)                         |
| 2               | 8,0-9,5        | 7-8                | 1                     | 34,2(46,5)/39,5(53,8)*             |
|                 |                |                    | 2                     | 30,3(41,3)/35,0(47,6)*             |
| 3               | 10-11          | 8-9                | 1                     | 36,1(49,1)                         |
|                 |                |                    | 2                     | 32,2(43,8)                         |

\* При скорости  $V_{2max}^* = 2,80$  м/с (10 км/ч).

### Выводы

1. Установлены оптимальные значения показателей технологичности колесных 4К4 тракторов, определяющие соотношение массоэнергетических параметров для разных групп родственных операций основной обработки почвы.

2. Определены интервалы изменения эксплуатационных параметров тракторов 4К4 для каждой группы родственных операций основной обработки почвы и превалирующих классов длины гона в агрозоне 6.2 СФО, соответствующие минимальным приведенным затратам.

3. Обоснованы рациональные значения удельного показателя энергоёмкости  $N_{y\partial} = \xi \frac{*}{N} \cdot N_{e\partial} / B_p$  для выбора на этапах комплектования и управления режимом рабочего хода ширины захвата почвообрабатывающих агрегатов разного технологического назначения и превалирующих классов длины гона при минимальных приведенных затратах.

### Литература

1. Селиванов Н.И. Эксплуатационные параметры колесных тракторов высокой мощности // Вестник КрасГАУ. – Красноярск, 2014. – №3. – С. 176–184.
2. Селиванов Н.И. Регулирование эксплуатационных параметров тракторов // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 7. – С. 234–237.



УДК 630.372:629.51:624.92.033.15

А.В. Абузов

#### ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В НЕСУЩЕМ КАНАТЕ ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ПЛАВАЮЩИХ ВОЗДУХООПОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*В статье приведены результаты теоретических исследований колебательных процессов, возникающих в несущем канате лесотранспортной системы в момент перемещения груза, а также во время воздействия волновой и ветровой нагрузок. Предложена математическая модель, позволяющая оценивать процесс провисания несущего каната, удерживаемого воздухоопорными конструкциями, в момент воздействия на них внешних факторов.*

**Ключевые слова:** несущий канат, воздухоопорные конструкции, лесотранспортная система, колебания каната, провис каната.

A.V. Abuzov

#### THE RESEARCH OF THE OSCILLATORY PROCESSES IN THE CARRYING ROPE OF THE TIMBER TRANSPORT SYSTEM BASED ON THE FLOATING INFLATABLE CONSTRUCTIONS

*The results of the theoretical research of the oscillatory processes arising in the carrying rope of the timber transport system at the moment of the cargo moving and in the influence of wave and wind loadings are presented in the article. The mathematical model allowing to assess process of the carrying rope sagging supported by the inflatable constructions at the moment of the external factor influence on them is offered.*

**Key words:** carrying rope, inflatable constructions, timber transport system, rope fluctuations, rope sagging.

**Введение.** Канатная лесотранспортная система на базе плавающих воздухоопорных конструкций предназначена для обеспечения временной оперативной переброски заготовленной древесины и другого груза с необорудованных береговых территорий на водные транспортные средства без использования кранового и причального оборудования, а также при невозможности использования шпангоутов из-за рифов или высокого берега. Транспортировка древесины осуществляется в подвесном режиме с помощью самоходной